



## Effektiva cirkulära flöden

**En förstudie om hur cirkulära flöden kan nyttja överkapaciteten i befintligt distributionssystem**

JOAKIM KALANTARI, VTI  
LINEA KJELLSDOTTER IVERT, VTI  
KRISTINA LILJESTRAND, CIT  
SAAMET EKICI, CIT

<i>Projektnummer</i> 2019.1.21h
<i>Titel på projektet – svenska</i> CIRF - Effektiva cirkulära flöden
<i>Titel på projektet – engelska</i> CIRF – Efficient circular flows
<i>Projektledareorganisation</i> VTI – Statens väg- och transportforskningsinstitut
<i>Namn på projektledare</i> Joakim Kalantari
<i>Namn på ev övriga projektdeltagare</i> Linea Kjellsdotter Ivert, Kristina Liljestränd, Saamet Ekici
<i>Nyckelord: 5-7 st</i> Transporteffektivitet, Tomkörning, Fyllnadsgrad, Samgods, Överkapacitet, Cirkulär ekonomi

## Sammanfattning

Ett effektivare transportsystem är en nödvändighet för Sveriges omställningen till världens första fossilfria välfärdsnation. Effektivisering av transportsystemet bidrar inte bara till avfossilisering av en sektor som svarar för en stor andel av de fossila utsläppen i Sverige. Det möjliggör också en minskning av utsläpp i konsumtion- och produktionsledet genom att skapa förutsättningar för cirkulär ekonomi. Det saknas dock kunskap om hur en ökad cirkulär ekonomi kan komma att påverka transportefterfrågan och följaktligen transportsystemet. På en övergripande nivå kan man anta att de cirkulära flödena kommer gå i motsatt riktning flöden av nya material och produkter och att tidskrav inte är lika höga för de cirkulära flödena som för flöden av nya material och produkter. Samtidig uppskattar man att ca. en av fyra lastbilar är underutnyttjade eller kan betraktas som tomma. Med detta som bakgrund är det intressant att analysera förutsättningarna för att den transportefterfrågan som uppstår som resultat av den cirkulära ekonomin effektivt kan absorberas av överkapaciteten i det befintliga transportsystemet.

I denna förstudie har VTI och CIT undersökt denna frågeställning. Projektet bygger på litteraturstudier, intervjuer, workshops samt modellresultat från den nationella godstransportmodellen Samgods. I projektet har fokus legat på fyra produktområden: byggmaterial, elektronikprodukter, textilier och personbilar. Branschaktörer såsom byggföretag, elektronikföretag, textilföretag, biltillverkare, avfallshanterare, återvinningsföretag, branschorganisationer, välgörenhetsorganisationer och forskare har bidragit i genomförandet av projektet.

Transportefterfrågan visade sig se olika ut beroende på vilka steg i avfallstrappan som material och produkterna förväntas ta. I de fall som det handlar om att öka användning som konstruktionsmaterial/återfyllnad, vilket är fallet för schaktmassor, så kommer transporterna mest troligen att minska. Detta är fallet då schaktmassor kan återanvändas direkt på plats eller i nära anslutning till avfallsgenereraren.

I de fall som det handlar om att öka materialåtervinningen, vilket är fallet för många byggmaterial samt plaster och textilier från fordon, så kommer behovet av långväga transporter från den plats där materialet sorteras till att det ska materialåtervinnas att öka. Detta eftersom det är längre till materialåtervinnare och/eller förbehandlare än det är till värmekraftverk. Material som ska materialåtervinnas transporteras typiskt i container och effektiviseringspotentialen avser att samordna sig med långväga transporter av material som körs till Sverige eller transporter av nya varor till regioner.

Vid en ökad materialåtervinning förändras även behovet av transporter på sträckan från avfallshanterare till insamlingsplats. I de insamlingsystem som undersökts i projektet råder stora tveksamheter kring om material ska sorteras hos avfallsgenereraren eller högre upp i försörjningskedjan. De fördelar som nämns gällande källsortering är att material hålls renare och att man därmed skapar bättre förutsättningar för materialåtervinning. Fördelar som nämns i samband med centraliserad sortering är att man får upp volymerna och därmed når skalfördelar och transporteffektivitet. Transporterna kopplat till insamlingen är lokala eller regionala och består mest troligen om containerlast. Effektiviseringspotentialen ligger i att samordna avfallslogistik med transporter av nya produkter i närheten av avfallsgenererare. I fallet för byggmaterial kan det finnas potential att samordna flöden av nya byggvaror med avfallsflöden och för bilkomponenter kan det finnas potential att samordna reservdelsflöden mellan

skadeverkstäder och demonterare med avfallsflöden. Intressant att notera är att insamling av avfall är väldigt varugruppsspecifik och det kan finnas potential att bredda sig och samla in material från fler branscher samtidigt, exempelvis plast från byggprodukter och plastdelar från fordonskomponenter.

I det fall som det handlar om att öka återanvändningen, vilket är fallet främst för elektronik och en del byggmaterial så kan transportbehovet minska. Detta är exempelvis fallet om produkter kan återanvändas direkt på plats eller i nära anslutning till avfallsgenereraren. För elektronik är det dock troligt att en hög andel kommer att återanvändas utomlands och då kommer transportsträckan från den plats där produkter sorteras, diagnostiseras och eventuellt repareras istället att öka. Vidare kommer en förutsättning för att kunna öka återanvändning av elektronikprodukter vara att det blir enkelt att lämna ifrån sig sina uttjänta produkter, vilket kan resultera i ett ökat antal insamlingsplatser. För effektivisering av transporter handlar det framförallt om att se över det lokala och regionala transportsystemet av nya varor. Här kan det finnas potential att samordna insamlingen med last-mile transporter samt nyttja utlämningsplatser för e-handel. Denna effektiviseringspotential finns även för textilier där insamlingsgraderna mest troligen kommer att öka. Med en ökad insamlingsgrad kommer volymerna över lag att öka, vilket kommer resultera i fler transporter; från avfallsgenererare till insamlingsplats, från insamlingsplats till sorteringsanläggning och från sorteringsanläggning till materialåtervinnare/återanvändare.

För att studera i vilken omfattning det är rimligt att anta att de nytillkomna cirkulära flödena kan absorberas av den befintliga överkapaciteten i transportsystemet har vi försökt skatta den realiserbara effektiviseringspotentialen av tomma och underutnyttjande transporter, på nationell nivå. Den här typen av analyser har historisk visat sig svårigenomförbara på grund av att det finns svårigheter att samla in relevant, empiriskt data i tillräckligt stor omfattning. För att kunna genomföra analyserna ändå, har vi försökt utveckla metoder för att kunna genomföra analyserna på modellresultat från den nationella transportmodellen Samgods. Resultaten visar att det inte går att dra säkra slutsatser baserad på analyser av modellresultat från Samgods för detta ändamål. I viss mån är resultaten lovande, givet att dessa kan valideras och kalibreras med hjälp av kompletterande analyser av empiriskt data.

## Summary

A more efficient transport system is a necessity for Sweden's transition to the world's first fossil-free welfare nation. Streamlining the transport system not only contributes to the de-fossilization of a sector that accounts for a large proportion of fossil emissions in Sweden. It also enables the reduction of emissions in the consumption and production stages by creating the conditions for a circular economy. However, there is a knowledge-gap regarding how an increased circular economy could affect transport demand and, consequently, the transport system. On a conceptual level, it can be assumed that the circular flows will go in the opposite direction of flows of new materials and products and that time requirements are not as rigid for the circular flows as for flows of new materials and products. At the same time, it is estimated that approximately one in four trucks is underutilized or can be considered empty. Against this background, it is interesting to analyze the conditions for the transport demand that arises as a result of the circular economy to be effectively absorbed by the overcapacity of the existing transport system.

In this project, VTI and CIT have studied this issue. The study is based on literature reviews, interviews, workshops and model results from the national freight transport model Samgods. In the project, the focus has been on four product categories: building materials, electronics products, textiles and automobiles. Industry players such as construction companies, electronics companies, textile companies, car manufacturers, waste managers, recycling companies, industry organizations, charities and researchers have contributed to the implementation of the project.

Transport demand turned out to be different depending on the steps in the waste staircase that materials and products are expected to take. In cases where it is about increasing use e.g. using excavation masses for construction materials/backfill, transport is most likely to decrease. This is the case when excavation masses can be reused directly on site or in close proximity to the waste generation point.

In cases where it is about increasing material recycling, which is the case for many building materials as well as plastics and textiles from vehicles recycling, the need for long-distance transport from the place where the material is sorted to the material recycling site, will increase. This is due to the geographical distribution of material recyclers and/or pre-processors and that of thermal power plants. Materials that are to be recycled are typically transported in containers which creates an efficiency potential if these flows can be coordinated with flows of new products/materials in the opposite direction.

With increased material recycling, the need for transport on the route from waste disposal to collection point also changes. The question of whether to sort the materials at the waste generator or higher up in the supply chain with regards to the collection systems studied in the project, is long from settled. The advantages of source sorting are that materials are kept cleaner and thereby creating better conditions for material recycling. Advantages of centralized sorting are, in large, economies of scale and increased transport efficiency. The transports connected to the collection are local or regional and most likely consist of container cargo. The efficiency potential lies in coordinating waste logistics with the transport of new products in the vicinity of waste generators. In the case of building materials, there may be a potential to coordinate flows of new building products with waste flows, and for car components, there may be potential to coordinate spare part flows between damage workshops and dismantlers, with waste flows. It is interesting to note that waste collection is very product group specific and there

may be the potential to spread and collect material from several industries at the same time, for example plastics from construction products and plastic parts from vehicle components.

In the case of increased reuse, which is the case mainly for electronics and some building materials, the need for transport can decrease. This is the case, for example, if products can be recycled directly on site or in close proximity to the waste generator. For electronics, however, it is likely that a high proportion will be reused abroad, and the transport distance from the place where products are sorted, diagnosed and possibly repaired instead will increase. Furthermore, a prerequisite for being able to increase the reuse of electronics products will be that it becomes easy to dispose of their end-of-life products, which can result in an increased number of collection sites. For efficiency of transport, it is primarily about reviewing the local and regional transport system of new goods. Here, there may be potential to coordinate collection with last-mile transports and utilize e-commerce delivery sites. This efficiency potential also exists for textiles where the collection rates are most likely to increase. With an increased collection rate, volumes will generally increase, which will result in more transport; from waste generators to collection point, from collection point to sorting plant and from sorting plant to material recycler/recycler.

To study the extent to which it is reasonable to assume that the increase in circular flows can be absorbed by the existing overcapacity of the transport system, we have tried to estimate the realizable efficiency potential of empty and under-utilized transport, at the national level. This type of analysis has historically proved difficult to carry out because of lack of sufficient access to relevant, empirical data. To be able to carry out the analyzes anyway, we have tried to develop methods for carrying out the analyzes on model results from the national transport model Samgods. The results show that it is not possible to draw conclusions with certainty, based on analyses of model results from Samgods for this purpose. To a certain extent, the results are promising, given that these can be validated and calibrated using supplementary analyses of empirical data.

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>iii</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>vii</b>
<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>Syfte</b> .....	<b>2</b>
<b>Fokus och terminologi</b> .....	<b>2</b>
<b>Rapportens utformning</b> .....	<b>5</b>
<b>Genomförande</b> .....	<b>6</b>
<b>Projektledning och resultatspridning</b> .....	<b>6</b>
<b>Kvalitativa studier</b> .....	<b>6</b>
Datainsamling .....	6
Dataanalys .....	7
<b>Kvantitativ studie</b> .....	<b>7</b>
Datainsamling .....	8
Dataanalys .....	10
<b>Resultat</b> .....	<b>11</b>
<b>Byggmaterial</b> .....	<b>11</b>
Insamlade och behandlade avfallsmängder .....	11
Avfall som inte samlas in .....	13
Dagens insamlingssystem .....	13
Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov .....	14
Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem .....	15
<b>Elektronikprodukter</b> .....	<b>17</b>
Volymer som sätts på marknaden .....	17
Insamlade och behandlade avfallsmängder .....	17
Avfall som inte samlas in .....	18
Dagens insamlingssystem .....	18

Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov.....	19
Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem .....	20
<b>Textilier .....</b>	<b>21</b>
Volymer som sätts på marknaden .....	21
Insamlade och behandlade avfallsmängder .....	21
Avfall som inte samlas in .....	21
Dagens insamlingssystem .....	22
Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov.....	23
Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem .....	24
<b>Personbilar.....</b>	<b>25</b>
Volymer som sätts på marknaden .....	25
Insamlade och behandlade avfallsmängder .....	25
Avfall som inte samlas in .....	28
Dagens insamlingssystem .....	28
Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov.....	29
Utvalda flöden och dess framtids insamlingssystem.....	30
<b>Kvantitativ skattning av realiserbar effektiviseringspotential.....</b>	<b>32</b>
Skattning av överbalanser (ODM) .....	32
Skattning av obalanser (TT) .....	36
Skattning av indikator för överlagrande överbalanser.....	39
Skattning av obalanser (branschindelad) .....	41
<b>Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>43</b>
<b>Byggmaterial.....</b>	<b>43</b>
<b>Elektronikprodukter .....</b>	<b>44</b>
<b>Textilier .....</b>	<b>44</b>
<b>Personbilar.....</b>	<b>45</b>
<b>Realiserbar effektiviseringspotential på nationell nivå.....</b>	<b>46</b>
<b>Nästa steg .....</b>	<b>48</b>
<b>Nyttiggörande.....</b>	<b>50</b>



<b>Bidrag till Triple F .....</b>	<b>52</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>53</b>

## Inledning

*I detta avsnitt beskrivs bakgrunden till förstudien inklusive projektets syfte och fokus. Sist i avsnittet presenteras rapportens disposition.*

## Bakgrund

Efterfrågan på godstransporter är att betrakta som härledd, det vill säga efterfrågan styrs av behovet av att förflytta gods och är ett resultat av hur befolkning och näringsliv är rumsligt organiserade. Förändringar över tid i efterfrågan kan bland annat förklaras av hur ekonomin utvecklas (Trafikanalys, Rapport 2016:9). En ekonomisk förändring som kan komma att få stor påverkan för människor och företag och i förlängningen även på transportefterfrågan är cirkulär ekonomi (Trafikverket, 2018). Cirkulär ekonomi är ett uttryck för ekonomiska modeller och affärsmöjligheter där cirkulära kretslopp i ett företag, samhälle eller en organisation används snarare än linjära processer som hittills varit dominerande (Hållbarhetsguiden, 2018). På EU-nivå har resursproduktiviteten ökat under det senaste decenniet, vilket betyder att resurser används mer effektivt och att färre resurser slösas bort (Trafikverket, 2018). Trafikverket (2018) menar att det är svårt att säga hur många företag som tänker cirkulärt och i vilken utsträckning men tydligt är att incitamenten för omställning växer kraftigt. Ett av EU:s huvudmål 2020 är att röra sig mot en cirkulär ekonomi och regeringen har nyligen tillsatt en delegation för cirkulär ekonomi i syfte att stärka samhällets omställning till en resurseffektiv, cirkulär och biobaserad ekonomi.

Grundtanken bakom cirkulär ekonomi är att minska förbrukningen och effektivisera resursutnyttjandet (Trafikanalys, Rapport 2016:6). Produkter ska utformas så de är optimerade för återanvändning och materialåtervinning och därmed ge minimal uppkomst till avfall, nyproduktion av produkter samt nytvinning av råvaror. En cirkulär ekonomi är med andra ord tänkt att resultera i en minskad konsumtion av nyproducerade varor, vilket påverkar transportefterfrågan i form av en ökad omfattning av omvänd logistik och en eventuell minskad omfattning av transporter till detaljhandeln (Naturvårdsverket, 2018). Vilken betydelse cirkulär ekonomin har på transportefterfrågan mer specifikt, såsom exempelvis ökning/minskning av transportsträckan, krav på lastbärare, typ av farkost och antal insamlings- och sorteringsplatser är dock mer oklart och skiljer sig med stor sannolikhet åt beroende på bransch, produkt och material. Trafikanalys (Rapport 2016:6) anser att kunskapen om hur transportefterfrågan påverkas på en systemnivå inte är tillräckliga.

Med tanke på att godstransportarbetet förväntas öka, enligt Trafikverkets prognos med så mycket som 50% till 2030 (Trafikverket, 2014), samtidigt som det finns en stark politisk strävan att minska transportsektorns energianvändning är det viktigt att förstå hur den cirkulära ekonomin kan komma att påverka transportefterfrågan så att det finns en chans att utveckla effektiva och hållbara transporter i en cirkulär ekonomi. Avfossiliseringen av transportsystemet är beroende av två batterier av åtgärder; a) att öka energieffektiviteten av transportsystemet och b) att ställa om till fossilfria drivmedel. I detta projekt fokuserar vi att öka energieffektiviteten i transportsystemet genom att utgå från hypotesen att överkapaciteten i transportsystemet av nya varor går att nyttja för att ta hand om cirkulära flöden. Energieffektivitetsåtgärder går att genomföra relativt omgående med befintliga tekniker och kräver inte åtgärder på hela systemet samtidigt. Att minska energianvändningen är därtill en nödvändig möjliggörare för omställning till

fossilfria drivmedel då mängden energi som behövs i systemet är för närvarande gränssättande för omställningen.

Idag uppskattar man att ca. en av fyra lastbilar är gravt underutnyttjade eller betraktas som tomma vilket kan förklaras av både naturliga obalanser och överbalanser. Naturliga obalanser i transportflöden innebär att mer gods fraktas i en riktning än åt den andra och i dessa fall finns det ingen potential att minska tomtransporterna givet de befintliga systemets förutsättningar. En överobalans däremot innebär att det går tomtransporter i båda riktningarna i en relation. Om vi till exempel har en transport från A till B som går tom på tillbakavägen, och en annan transport som går från B till A som också går tom tillbaka, så skulle dessa två transporter i princip kunna ersättas med en enda. Den här typen av obalanser indikerar en realiserbar effektiviseringspotential. En förklaring till dessa överbalanser är bland annat de tidskrav som varuägare har, både gällande korta transporttider samt att transporter ska vara punktliga. Med tuffa tidskrav begränsas möjligheterna att samlasta gods och därmed öka transporteffektiviteten. Den typen av obalans kan också bero på att olika varugrupper transporteras i separata system där överbalansen i den totala efterfrågan är lägre än summan av överbalanserna inom respektive varugrupp.

Cirkulära flöden går i slutna, dedikerade system och dras därmed med samma typ av problem som övriga transportsystem gällande naturliga obalanser/överbalanser. Däremot torde möjligheten vara god att ta vara på den realiserbara effektiviseringspotentialen i transportsystemet genom lösningar som möjliggör en minimering av befintliga överbalanser. Dessutom skulle man rent teoretiskt kunna omvandla naturliga obalanser till realiserbar effektiviseringspotential genom att kombinera distributionssystemet för kompatibla varugrupper genom överlagring. Kraven på dessa framtida transporter är svåra att identifiera idag. Viss karakteristik är dock rimlig att anta att dessa kommer att ha. Till exempel kommer transportefterfrågan för cirkulära flöden i regel att vara i "motsatt riktning" jämfört med transportsystemet för nya varor och produkter, vilket gör att det finns möjligheter att använda dagens naturliga obalanser. En annan aspekt är att tidskraven, både med avseende på ledtid och punktlighet kommer att vara lägre jämfört med transporter av nya varor.

## Syfte

Syftet med projektet är att undersöka om transportefterfrågan som uppstår som resultat av den cirkulära ekonomin effektivt kan absorberas av överkapaciteten i det befintliga transportsystemet.

Målet är att undersöka potentialen och förutsättningarna för att matcha transportsutbudet av tomtransporter i existerande transportsystemet med efterfrågan av transporter av cirkulära flöden i syfte att åstadkomma ett högre transporteffektivitet i det sammanslagna systemet än vad som är möjligt att uppnå i var och en av dessa delsystem för sig. Förstudien är tänkt att ligga till grund för en huvudstudie som ska gälla den specifika tillämpningen gällande cirkulär ekonomi och cirkulära flöden.

## Fokus och terminologi

Vi har i projektet valt att studera fyra **produktområden**: byggmaterial, elektronik, textilier och fordon. Dessa produktgrupper har valts ut på grund av dess olika förutsättningar för cirkulär ekonomi och därmed förväntade påverkan på transportefterfrågan:

- Byggbranschen genererar efter gruvindustrin störst avfallsmängder i Sverige och byggavfall består av många olika typer av material såsom farligt avfall, el-avfall, trä, plast, skrot och metall, fyllnadsmassor med olika förutsättningar för återanvändning och materialåtervinning (Sveriges Byggindustrier, 2017). I projektet har vi avgränsat oss till att fokusera på icke-farligt byggavfall.
- För elektronikavfall råder producentansvar, vilket betyder att företag som tillverkar eller låter tillverka el-produkter i sitt namn eller som i ett första led importerar el-produkter till Sverige ska ansvara och betala för återvinning och hantering av förbrukad vara (SFS 2014:1075). Det svenska cirkulationssystemet fungerar väl och insamlingsnivån är bland de högsta i Europa med drygt 17 kg insamlat per invånare och år, vilket motsvarar en insamlingsgrad på 77% (Kjellsdotter Ivert et al., 2015).
- Textilier är en intressant produktgrupp att studera eftersom detta är ett av de material som har sämst insamlingsgrad, ca 75 000 ton hamnar i soporna varje år, endast 30% samlas in och av det som samlas in är det en stor andel som exporteras utomlands.
- Fordonsindustrin är en bransch där cirkulär ekonomi fått stort genomslag. Sedan 2007 råder producentansvar för bilar (personbil, buss och lastbil vars totalvikt inte överstiger 3500 kg) och återanvändning och materialåtervinning har länge varit en självklar del inom fordonsindustrin. I projektet fokuserar vi på personbilar då det är lättast att få fram statistik kring personbilar.

I kartläggning av dagens insamlingssystem, dvs hur mycket avfalls om genereras, hur det behandlas och samlas in samt i analyser av ett framtida insamlingssystem använder vi oss av avfallstrappan. Avfallstrappan anger i vilken ordning olika behandlingsmetoder ska användas och grundar sig på EU-direktiv. Trappan är uppdelad i fem steg där man ständigt ska sträva uppåt för att undvika bortskaffande och annan återvinning. Ordningen gäller under förutsättning att det är miljömässigt motiverat och ekonomisk rimligt. Principen är också införd i svensk lagstiftning och gäller som prioriteringsordning för lagstiftning och politik inom avfallsområdet och skiljer på (SMED Rapport 6839, 2018):

1. **Förebyggande.**
2. **Förberedelse för återanvändning.**
3. **Materialåtervinning.** Inkluderar konventionell materialåtervinning där avfall återvinns till nytt material av samma typ, rötning, kompostering och annan materialåtervinning.
4. **Annan återvinning.** Inkluderar energiåtervinning, användning som konstruktionsmaterial, återfyllnad och markspredning.
5. **Bortskaffande.** Inkluderar förbränning utan energiåtervinning, deponering och annat bortskaffande.

För att skatta realiserbar effektiviseringspotential av den befintliga överkapaciteten i existerande transportsystem används följande centrala begrepp (Figur 1):

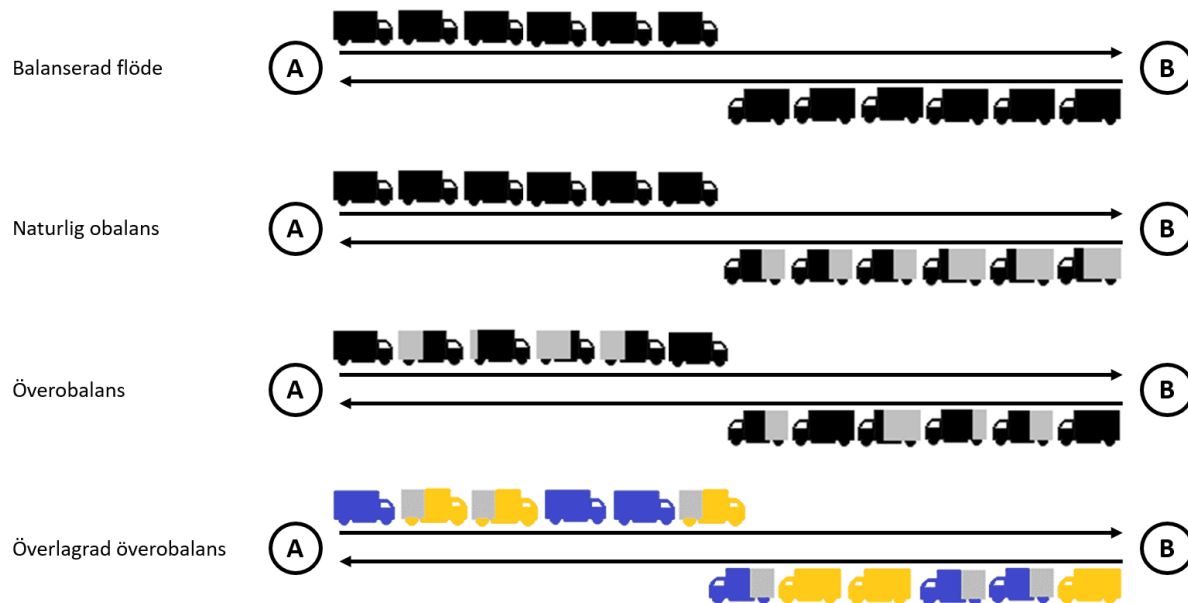
Ett **balanserat flöde** innebär att transportefterfrågan mellan två noder är exakt lika stort i båda riktningarna och att det inte finns några skillnader med avseende på frekvens, kapacitet eller tid som skulle ge upphov till överkapacitet eller tomtransporter i någon riktning. I ett balanserat flöde skulle alla transporter i båda riktningarna kunna uppnå 100%-ig effektivitet. Naturligtvis är det inte realistiskt att förvänta sig att detta skulle inträffa i någon större utsträckning i verkligheten, även om det finns exempel på slutna subsystem då dessa förhållanden gäller.

En **naturlig obalans** beskriver ett flöde mellan två noder där transportefterfrågan i någon riktning är systematisk större än i motsatt riktning. Det innebär att även om efterfrågan

tillfredsställs på effektivast möjliga sätt, så uppstår fortfarande tomkörningar motsvarande obalansen. Att utnyttjandegraden av transportkapaciteten i ett sådant system är lägre än 100% är således i sig inget tecken på ineffektivitet. Med andra ord, tomkörningarna motsvarande obalansen i ett sådana flöden utgör inte en realiserbar effektiviseringspotential. De flesta transportsystem i verkligheten uppvisar i någon utsträckning en naturlig obalans.

**Överobalans** (Lumsden 1995, s. 148) är ett begrepp för att beskriva ett flöde mellan två noder där det sker tomtransporter i båda riktningarna d.v.s. tomtransporter som inte går att förklara med naturliga obalanser. Förekomsten av överobalanser kan var tecken på ineffektivitet, eller en realiserbar effektiviseringspotential men det behöver inte vara det. Diskrepanser i efterfrågan med avseende på tid, frekvens och kapacitet kan utgöra rationella förklaringar till varför överobalans uppstår i ett system utan att systemet är ineffektivt.

Överlagrade transportnätverk beskriver ett upplägg där man genom att kombinera två eller flera olika system skapar ett nytt system som har potential att prestera högre än var och en av dess ingående delar kan åstadkomma i isolation (Kalantari 2012). Begreppet **överlagrad överobalans** syftar till att kombinera två olika transportsystem som var och en för sig uppvisar naturliga obalanser på så sätt att delar de naturliga obalanserna i respektive system omvandlas till överobalanser i det nya systemet. Därmed blir den realiserbara effektiviseringspotentialen högre i det nya systemet än i dess ingående delar. I syfte att kunna identifiera lämpliga delsystem att kombinera för ändamålet måste fysiska och operativa begränsningar samt flödeskaraktäristiken i system som kombineras att beaktas.



Figur 1 Illustration av balanserat flöde, naturliga obalanser, överobalanser samt överlagrade överobalanser.

I kartläggningar av dagens insamlingssystem, uppskattning av framtidens insamlingssystem samt i skattningar av realiserbar effektiviseringspotential av den befintliga överkapaciteten i existerande transportsystem har transporter till och från Gotland exkluderats. Detta eftersom endast lastbilstransporter är inkluderade i analyserna.

## Rapportens utformning

I projektet har vi kombinerat kvalitativa och kvantitativa studier vilket också avspeglas i rapportens utformning. Kvalitativa studier har använts för att kartlägga dagens insamlingssystem och diskutera framtidens insamlingssystem för respektive produktgrupp. Kvantitativa studier har använts för att kunna skatta hur stor del av den befintliga överkapaciteten på nationell nivå som utgör en realiserbar potential för att kunna nyttjas för att "ta hand om" cirkulära flöden. Resultatavsnitten består således av fem avsnitt, ett för respektive produktområde baserat på de kvalitativa studierna och ett avsnitt där resultat från den kvantitativa studien presenteras. I diskussionsavsnittet sammanfattas och diskuteras resultat från respektive avsnitt. Fortsatt forskning beskrivs i avsnittet "Nästa steg". Sist ut i rapporten diskuteras bidrag till Triple F och nyttiggörande.

## Genomförande

*I detta avsnitt beskrivs hur projektet koordinerats, de olika projektdeltagarnas roller såväl som ingående moment som datainsamling och dataanalys för respektive studie.*

### Projektledning och resultatspridning

Projektet har koordinerats av VTI genom Joakim Kalantari som varit projektledare och del av forskargruppen. I forskargruppen har även Linea Kjellsdotter Ivert (VTI), Kristina Liljestrand (CIT) och Saamet Ekici (CIT) ingått. I projektet har vi använt kvalitativa och kvantitativa studier som pågått parallellt under projektiden (2018-09-01 – 2019-08-31) och involverat olika personer i forskargruppen. Under projektets gång har forskargruppen haft 6 arbetsmöten där resultat från respektive studie diskuterats för att säkerställa att studierna kompletterar varandra och att resultaten kan knytas samman och besvara syftet med projektet.

Resultat från projektet har presenterats på en workshop inom projektet USECAP (Utnyttja befintlig överkapacitet i transportsystem för ökad energieffektivitet) som är ett projekt finansierat av Energimyndigheten. CIRF bygger vidare på en del av de resultat som kommit ut ur USECAP. På workshopen deltog CIRF företagspartners samt företagspartners i USECAP. Utöver detta har företagspartner samt ett antal ytterligare företag deltagit på olika sätt, vilket beskrivs mer i detalj nedan.

### Kvalitativa studier

Syftet med de kvalitativa studierna har varit att göra en uppskattning av den framtida transportefterfrågan som förväntas skapas när befintliga materialflöden blir mer cirkulära. För fyra produktområden, byggmaterial, elektronikprodukter, textilier och personbilar, har vi identifierat hur mycket avfall som uppstår idag, var avfallet uppstår, hur avfallet behandlas och samlats in. Vi har även identifierat trender som påverkar cirkularitet och transportbehov och utifrån nulägesanalysen och trender försökt att förstå hur transportbehovet kommer att förändras framöver. Forskargruppen har tagit fram och sammanställt statistik, genomfört litteraturstudier för att identifiera trender och tagit fram resultat. Företagspartner har involverats för att validera resultat och ge sin input kring trender och framtida transportefterfrågan. Vi har också utvecklat ett visualiseringsverktyg för presentation av var olika avfallsflöden uppstår<sup>1</sup>.

### Datainsamling

Datainsamlingen delades upp utifrån de fyra produktområdena och bestod av tre steg: 1) Analys av nationell statistik, 2) Intervjuer för att komplettera nationell statistik och få fördjupad förståelse för hur systemen ser ut för att ta hand om det uppkomna avfallet, 3) En workshop med flera sakkunniga inom området för att validera resultat och diskussion om trender och framtida insamlingssystem. Nedan beskrivs hur dessa steg genomförts.

**Byggmaterial:** För att göra de kvantitativa analyserna har Statistikdatabasen från SCB samt SMED rapporten 6839. Denna statistik har kompletterats med intervjuer med IVL forskare som varit med och tagit fram SMED rapporten. Vi har även genomfört intervjuer med branschaktörer där vi frågat om utmaningarna kopplat till bygg- och rivningsavfall, vad som händer med olika fraktioner idag och vad som är viktigt att arbeta vidare med för att öka cirkulariteten av bygg- och

---

<sup>1</sup> <https://vtital.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cd05de4975634eb6b8ba576cb537aae4>

rivningsavfall. De branschaktörer som intervjuats är Carl F, Ragnsells, Renova, Peab och NCC Construction. Vi har därtill varit i kontakt med Suez, Renova och Ragnsells för att få information om deras insamlingssystem. På workshopen deltog representanter från Sveriges Byggindustrier, NCC Construction och Ragnsells.

**Elektronikprodukter:** För att göra de kvantitativa analyserna har Naturvårdsverkets statistik över insamlade mängder avfall av elektriska och elektroniska produkter använts (Naturvårdsverket, 2017). Dessa har kompletterats med analyser av Elkretsens insamlingssystem (Elkretsens hållbarhetsrapport, 2018). På workshopen deltog representanter för Elkretsen, SIMS, Recipo, Dustin, Lenovo och Stena.

**Textilier:** För att göra de kvantitativa analyserna har SMED rapporten från 2018 "Svenska textilflöden-textilflöden från välgörenhet och utvalda verksamheter" används. Statistiken har kompletterats med intervjuer med Björkåfrihet (tidigare Emmaus), Human Bridge, Röda korset och Myrorna. Vi har också varit i kontakt med Blocket och Wargö Innovation för att få bättre förståelse för återanvändning och återvinning. På workshopen deltog Röda Korset, Nudie Jeans, Björkåfrihet samt Textilhögskolan i Borås.

**Personbilar:** För att göra de kvantitativa analyserna har SCB statistik kring fordonsflottan, statistik på skrotintyg från Bilretur och Återvinningsrapporten 2017 från Bil Sweden används. Vi har genomfört intervjuer med Bil Sweden och Bilretur/SBR för att få hjälp med att tolka den nationella statistiken samt prata om trender. På workshopen deltog Bilretur/SBR, Kuusakovski och Skrotfrag. Dessutom har vi intervjuat Stena Recycling som fick förhinder att delta på workshopen.

## Dataanalys

För att analysera den data som samlades in och strukturera tankar kring hur ett framtida insamlingssystem kan tänkas se har forskargruppen tagit fram en analysmodell. Modellen består av avfallstrappan som en dimension och centrala delar i ett transportsystem för cirkulära flöden som en dimension. För varje bransch har forskargruppen utifrån input från nulägesanalys och workshop diskuterat igenom hur dimensionerna i transportsystemet påverkas om man förflyttar sig uppåt i avfallstrappan. Analysmodellen har varit behjälplig i uppskattningen av ett framtida transportbehov samt vad detta kan komma att få för konsekvenser för transportsystemet framöver.

Dimensionerna i transportsystemet består av: 1) Antal unika produktflöden, avser antalet produkter/material som hanteras. 2) Transportsträcka, avser sträckan från det att avfall uppstår till att avfall sorteras och förädlas. 3) Ömtålighet, avser med den försiktighet som material/produkter kräver under hantering, lagring och transport. 4) Antal insamlingsplatser, avser antalet insamlingsplatser (där avfallsgenereraren lämnar in sitt avfall), lokalisering och vem som utför sortering. 5) Sorteringsplatser, avser antal sorteringsplatser lokalisering och vem som utför sortering.

## Kvantitativ studie

Syftet med den kvantitativa studien har varit att ta fram en skattning av den realiserbara effektiviseringspotentialen av den befintliga överkapaciteten i transportsystemet. Med realiserbar effektiviseringspotential avses den andel av den befintliga överkapaciteten som skulle kunna utnyttjas för att tillgodose befintlig eller nyttillkommen transportbehov, i det här fallet, till följd av tillväxten av cirkulära flöden.



Genom den här studien söker vi skilja på tomtransporter som uppstår p.g.a. naturliga obalanser och överbalanser och därmed skatta den andel av tomtransporterna som skulle kunna utgöra en realiserbar effektiviseringspotential. Skattningen kommer med största sannolikhet att vara en överskattning då datamaterialet inte medger analys av andra, rationella orsaker som skulle kunna ge upphov till överbalanser (tid, frekvens, kapacitet). Dock kan man anta att skattningen är ett bättre mått på systemineffektivitet än att endast mäta/skatta tomtransporter. Slutligen kommer konceptet överlagrade överbalanser och dess tänkbara potential att studeras.

Skattningarna är baserade på modellresultat från den nationella godstransportmodellen, Samgods. Samgods är inte avsedd för den här typen av analyser. Därför har en stor del av arbetet bestått av att ta fram metoder som möjliggör resultat från Samgods att användas för det aktuella ändamålet. Resultaten bör således tolkas med stor försiktighet till dess att dessa kan valideras/replikeras baserad på alternativa metoder/data.

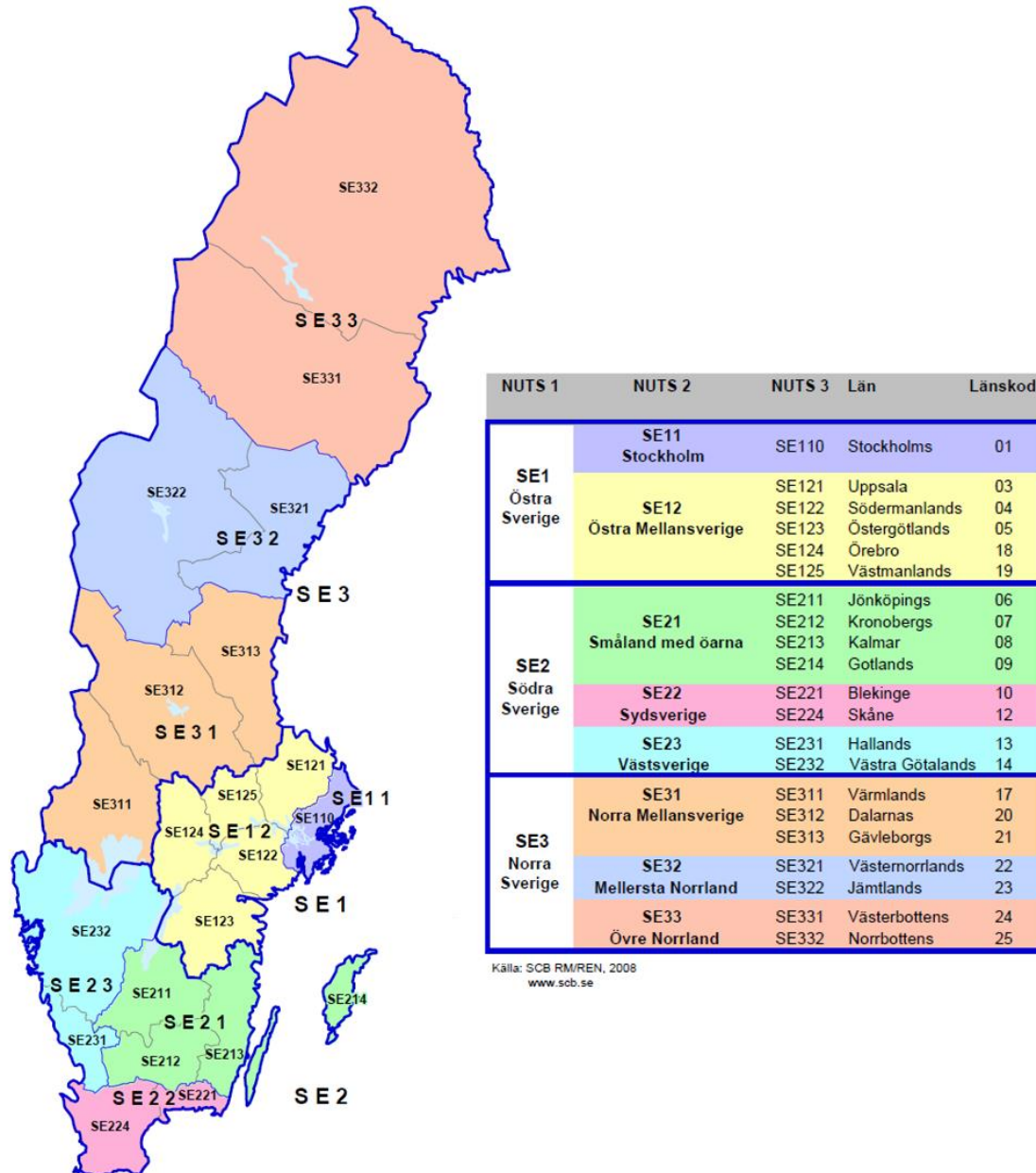
### Datainsamling

Den data som använts i analyserna kommer från Samgods. Det är viktigt att notera att även om begreppet "data" används i sammanhanget för ökad läsbarhet, så rör det sig i realiteten inte om empiriskt eller uppmätt data, utan består av modellresultat. Försättningsvis i rapporten, om inget annat anges, kommer dessa modellresultat att benämnas som data.

Data från Samgods består av så kallade O-D-matriser för den inhemska lastbilstrafiken. Matriserna med högst geografisk upplösning är på kommunnivå, där transportefterfrågan till/från en kommun skattas utifrån dess geografiska centroid d.v.s. 290 unika geografiska punkter i Sverige. Matriserna kan därefter aggregeras till större geografiska områden (lägre geografisk upplösning) NUTS3-1. NUTS är den regionala indelning som används inom EU för statistikredovisning. I Sverige utgörs NUTS 1 av tre landsdelar, NUTS 2 av 8 riksområden och NUTS 3 av de 21 länen<sup>2</sup> (Figur 2).

---

<sup>2</sup>[https://tillvaxtverket.se/download/18.7e784787153f0f33aa514e33/1463574736744/NUTS\\_1\\_2\\_3\\_200801-2.pdf](https://tillvaxtverket.se/download/18.7e784787153f0f33aa514e33/1463574736744/NUTS_1_2_3_200801-2.pdf)



Figur 2 NUTS-indelning av Sverige

O-D-matriserna kan också indelas i 32 olika varugrupper<sup>3</sup> och 5 olika lastbilstyper. Data innehåller också skattningar om tomtransporter, uppdelat på fordonstyper. Dock går det inte att från data utläsa inom vilka varugrupsflöden tomtransporterna uppstår. Omvänt, går det inte att utläsa skattningar på tomtransporter i varugrupsindelade data. I syfte att få med både

<sup>3</sup> Varugrupsindelningen i Samgods är enligt NST/R som innehåller 35 olika varugrupper. I samgodsmodellen är dock 3 varugrupper inte inkluderade.

varugrupsindelning och skattning av tomtransporter, har två olika dataset från Samgods använts i analyserna. Dataseten benämns som "O-D-Matris" (ODM) och "Totaltabell" (TT).

ODM innehåller uppgifter om transporter mellan samtliga kommuner uttryckt i antal ton, antal lastbilar och lastbilstyp samt antal tomtransporter uppdelat på olika lastbilstyper. ODM har kompletterats med gruppering av kommunerna i län (NUTS3), NUTS2 och NUTS1 regioner för att möjliggöra analyser på annan aggregeringsnivå än kommunnivå. ODM inkluderar endast inrikes transporter. ODM innehåller inga uppgifter om transportavstånd eller fyllnadsgrader även det skulle vara möjligt att skatta dessa på aggregerat nivå.

TT innehåller samma uppgifter som ODM, förutom skattningen om tomtransporter som saknas i TT. TT innehåller också uppgifter om genomsnittsdistanst för transporter mellan två punkter med viss lastbilstyp, total antal fordonskilometrar i en relation uppdelat på fordonstyp, totalt transportarbete per relation och fordonstyp (TA) samt en skattat genomsnittlig lastfaktor (fyllnadsgrad) för transporter mellan två punkter uppdelat på fordonstyp. Dataseten har kompletterats med NUTS1-3 indelning. Slutligen innehöll TT också uppgifter om utrikes och transitvolymmer.

## Dataanalys

Skattningar är framtagna för hela systemet samt specifikt för branscherna ovan. Skattningarna gäller för interregionala transporter på NUTS-3-nivå eller för transporter mellan olika län. Utrikes transporter, transittransporter samt inomregionala transporter är inte inkluderade i analysen. Med utrikes transporter avses transporter som har sin avgångsort eller destination utanför Sverige. Transittransporter inkluderar transporter som har både avgångsort och destination utanför Sverige. Med inomregionala transporter avses transporter som har både sin avgångsort och destination inom en och samma region, som i den här rapporten är NUTS-3 eller län, om inget annat anges. Varugrupperna<sup>4</sup> 13, 14, 15 och 35 är också exkluderade i analyserna. I samtliga fall handlar transporter som sker i slutna system som av tekniska eller juridiska skäl inte går att samutnyttja för annat transportbehov än det som dessa är specifikt avsedda för. I fallet med det tre första handlar det också om relativt stora flöden med mycket stor obalans och att inkludera dessa skulle bidra till att skattningen av potential skulle bli större än det som rimligen kan vara fallet.

Valet av NUTS-3 som geografisk indelning är ingen självklarhet. Det finns en avvägning mellan tillräcklig hög upplösning för att få meningsfulla resultat och tillförlitlighet av resultaten. Som Samgodsmodellen är beskaffad kan man förenklat säga att ju högre geografisk upplösning, desto större risk för försämrade tillförlitlighet av resultaten. Samtidigt skulle en allt för låg upplösning, d.v.s indelning i allt för stora regioner, exempelvis NUTS-2 eller NUTS-1, bidra till att kvaliteten på analysresultaten skulle bli alltför lågt p.g.a. storleken på bortfallet av inomregionala flöden skulle bli alltför stort. Vår bedömning är att NUTS-3 är den lämpligaste nivån som då skulle inkludera ca. hälften av den totala mängden gods som fraktas med lastbil.

---

<sup>4</sup> 13: råolja, 14:Petroleumprodukter, 15: Järnmalm och 35: flygfrakt

## Resultat

I detta avsnitt presenteras resultat från de kvalitativa och kvantitativa analyserna. För de kvalitativa analyserna presenteras varje produktområde var för sig. Resultatkapitlet innehåller således fem avsnitt: Byggmaterial, Elektronikprodukter, Textilier, Personbilar samt resultaten från skattningen av den realiserbar effektiviseringspotential.

### Byggmaterial

Detta avsnitt består av en nulägesbeskrivning samt en uppskattad framtida transportefterfrågan för byggbranschen.

#### Insamlade och behandlade avfallsmängder

År 2016 uppkom i Sverige från byggbranschen 9,8 miljoner ton avfall. Tabell 1 visar icke-farligt avfall som uppkom 2016 för olika avfallsslag (Statistikdatabasen, SCB) och vad som händer med de olika avfallsslagen (Sveriges Byggindustrier, 2017 samt samtal med avfallshanterare samt författare till SMED rapporten 6839). Tabell 2 redovisar vikt per behandlingsmetod baserat på Tabell 1.

Tabell 1 Insamlade mängder icke-farligt avfall för olika materialslag inom byggbranschen

Materialslag	Mängder (ton)	Vad händer med avfallsfraktionerna
Jordmassor	4 978 000	Återfyllnad <sup>5</sup> /Användning som konstruktionsmaterial <sup>6</sup> samt deponi (3 600 000 återfyllnad och resten deponi)
Mineralavfall från bygg och rivning (betong, tegel, gips och blandat avfall)	2 368 000	Återfyllnad/Användning som konstruktionsmaterial samt deponi (förhållande ca 50/50)
Muddermassor (torrvikt)	1 369 000	Deponi
Träavfall	430 000	Energiåtervinning
Blandade metaller	112 000	Materialåtervinning
Metallavfall, ferromagnetiskt	63 000	Materialåtervinning
Plastavfall	62 600	Energiåtervinning (61 000 ton) samt en liten del materialåtervinning (resterande)
Hushållsavfall och liknande avfall	22 300	Energiåtervinning men matavfall ska sorteras ut (rötning)
Metallavfall, icke ferromagnetiskt	9210	Materialåtervinning

<sup>5</sup> Återfyllning avser användning av avfall för återställningsändamål i utgrävda områden eller för tekniska ändamål vid landskaps och anläggningsarbeten istället för andra material.

<sup>6</sup> Användning som konstruktionsmaterial omfattar användning av avfall som funktions, konstruktions och täckmaterial på och utanför deponier.

Materialslag	Mängder (ton)	Vad händer med avfallsfraktionerna
Glasavfall	6360	Det mesta deponeras en väldigt liten del materialåtervinns
Pappers- och pappavfall	2490	Materialåtervinning
Kasserad utrustning (exkl. kasserade fordon, batterier och ackumulatorer)	1180	Materialåtervinning
Animaliskt och blandat avfall	1180	Energiåtervinning
Annat mineralavfall	1180	Deponi
Vegetabiliskt avfall (stubbar, träd och grenar)	1060	Energiåtervinning
Vanligt slam (torrvikt)	940	Markspridning (först till reningsverk)
Gummiavfall	350	Energiåtervinning
Kemiska rester	10	Förbränning utan energiåtervinning
<b>Totalt</b>	<b>9 428 860</b>	

Tabell 2: Behandlingsmetod för insamlade avfallsmängder (icke-farligt avfall).

Avfallshierarkin	Mängd (ton/år)	Avfallsfraktion
Deponi	3 938 540	jordmassor, mineralavfall, muddermassor och glas
Användning som konstruktionsmaterial/återfyllning	4 784 940	jordmassor och mineralavfall
Energiåtervinning	515 900	trä, plast, hushåll, vegetabiliskt, animaliskt, blandat, slam, gummi, kemiska rester
Materialåtervinning	189 480	metaller, papper, kasserad utrustning
<b>Totalt</b>	<b>9 428 860</b>	

Intressant att notera är att man räknar med att ca 50% av bygg och rivningsavfallet återvinns. I denna beräkning ingår inte energiåtervinning medan användning som konstruktionsmaterial ses som materialåtervinning. Farligt avfall, jordmassor och muddermassor ingår inte i beräkning av återvinningsmålet. EU har ett återvinningsmål för byggavfall som deklarerar att minst 70 viktprocent av icke farligt bygg- och rivningsavfall ska återanvändas eller återvinnas före 2020. Regeringen har även satt upp etappmål för att uppfylla generationsmålet och miljö kvalitetsmålet och ett av dessa etappmål rör materialåtervinning och återanvändning av byggavfall. Etappmålet överensstämmer med EU återvinningsmål.

## Avfall som inte samlas in

För att samla in avfallsstatistik går man via avfallsbehandlingsföretagen. Detta är lite speciellt för byggavfall. Vanligen brukar avfallsgenereraren rapportera in hur mycket avfall som uppstått och hur detta har behandlats men det är svårt att komma åt alla byggföretag så därför rapporterar avfallsbehandlingsföretagen. Naturvårdsverket får in statistik från större anläggningar, så kallade A och B anläggningar (som kräver tillstånd enligt miljöbalken av miljödomstolen eller länsstyrelsen). Dessa anläggningar arbetar med deponering, förbränning, sortering eller annan avfallshandling och de uppger hur mycket avfall de mottagit och hur detta avfall behandlats. Man får dock ingen data från mindre anläggningar, så kallade C anläggningar (som kräver anmälan till kommunen). Det finns även en risk för dubbelräkning i de fall som ett och samma avfall går via flera A och B anläggningar.

Vidare så får man i statistiken inte in någon information om byggmaterial som återanvänds. Enligt uppskattning från forskare som varit inblandad i SMED rapporten för byggindustrin så är mängden schaktmassor ca 10 gånger större än den statistik som kommer in. Vidare bedömer samma forskare att det gällande asfalt missas ca 1 miljon ton i statistiken eftersom gammal asfalt som rivs upp används på nytt. En hel del byggmaterial dumpas även i naturen, stjäls eller hamnar hos oseriösa avfallsaktörer.

## Dagens insamlingssystem

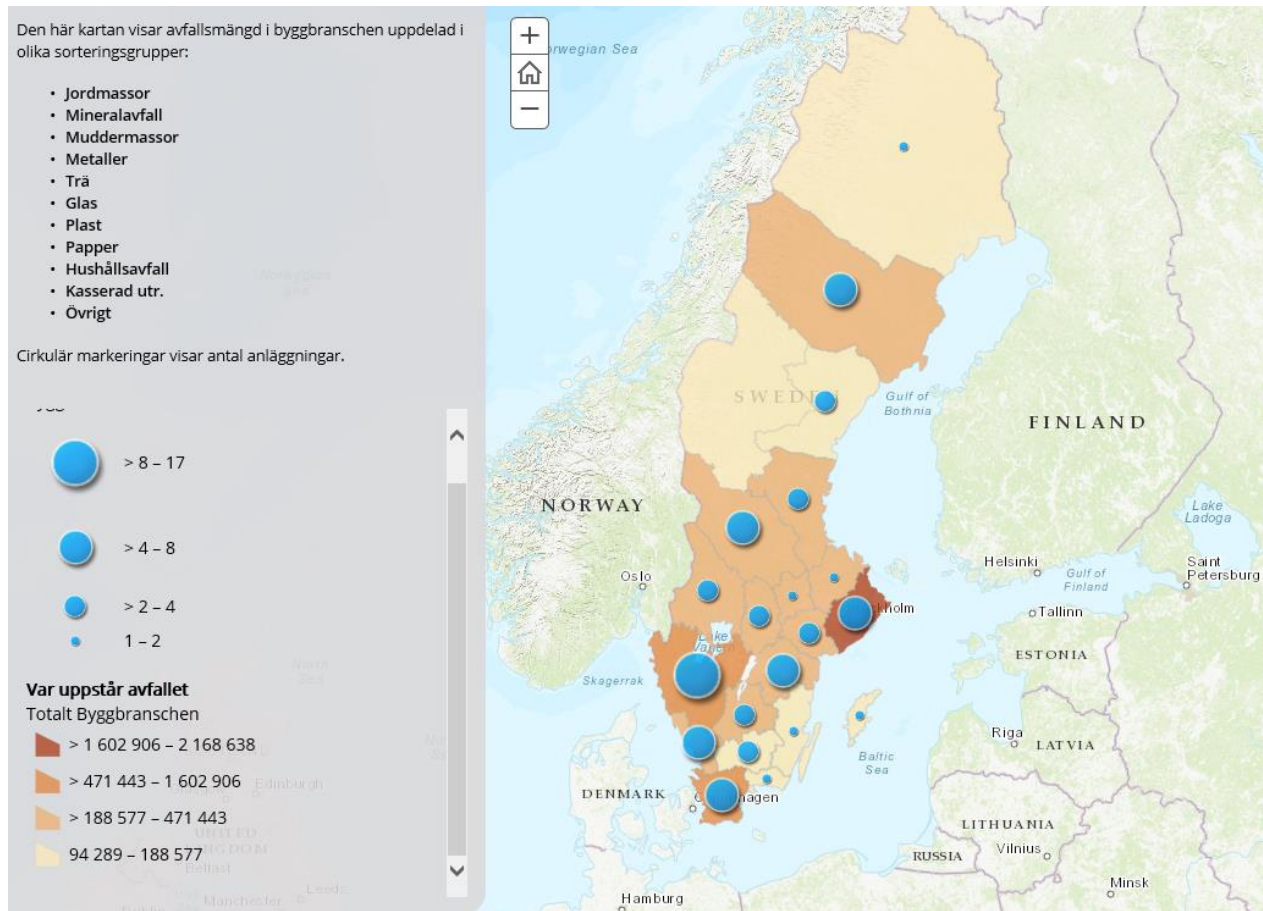
Byggavfallet som uppstår sorteras typiskt av byggtreprenören och samlas in av avfallstransportörer eller avfallsbehandlare. Många avfallsaktörer har båda rollerna, exempelvis Ragnsells och Suez som både samlar in och förädlar. Men det finns även företag som hämtar upp byggavfall och kör de till olika avfallsbolag beroende på fraktion.

De riktigt stora insamlarna av byggavfall är Suez och Ragnsells men sedan finns det viktiga spelare som verkar mer regionalt såsom Sysav och Carl F i Skåne-regionen, Renova i Göteborg och SRV Återvinning i Stockholm. Figur 3 visar var avfall uppstår och insamling av avfallet på lännivå. Vi har antagit att byggavfall uppstår där människor bor och att avfallet därför följer befolkningsstatistiken (Se Appendix A). I figuren representerar prickarna antal förbehandlingsanläggningar (sorteringsanläggning, deponi, behandlingsanläggning, krossning) i Suez, Ragnsells och Renovas insamlingssystem medan färger representerar vart avfall uppstår. Se gärna figuren på följande länk för att få en bättre bild.

<https://vtital.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cd05de4975634eb6b8ba576cb537aae4>. Enligt sakkunnig tar Ragnsells, Suez ca 70% av avfallet så kartbilden illustrerar en ganska bra bild över dagens insamlingssystem.

I intervjuer med Ragnsells, Suez och Renova framkommer att alla anläggningar inte kan ta emot alla fraktioner, en hel del material skickas mellan anläggningar för vidareförädling eller samlastning innan materialet säljs vidare. Massor och material till förbränning hamnar typiskt i Sverige. Den lilla andel trä- och plastavfall som materialåtervinns säljs typiskt utomlands (finns undantag såsom pallkragar som går till återbruk, plastgolv och en del plaströr som materialåtervinns i Sverige). Även mycket av metallerna säljs utomlands.

Suez, Ragnsells och Renova har egen fordonsflotta men köper också ofta in transporter. För effektivisering av insamling pågår en del projekt såsom exempelvis "Älskade stad". Modellen bygger på ett gemensamt arbete mellan Bring, Ragnsells och Stockholms stad där leveranser av paket till butiker och kontor kombineras med hämtning av återvinningsmaterial (Ragnsells, 2019).



Figur 3 Avfallsstatistik och behandlingsanläggningar för bygg- och rivningsavfall.

### Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov

När man pratar transportbehov är det viktigt att göra skillnad på *typ av material* och *typ av avfall* enligt branschaktörerna. Den största skillnaden beträffande material är om det handlar om inerta material, dvs. asfalt, betong, tegel, schaktmassor eller övrigt material, dvs brännbart, metaller, elektronik. Inerta material förändras inte fysikaliskt, kemiskt eller biologiskt under lagring och bryts heller inte ner biologiskt. Inerta material tas till särskilda anläggningar där de sorteras ut och krossas för att sedan användas till nya vägar, dränering, jordförbättring, som konstruktionsmaterial eller som tillsatsmaterial vid tillverkning av nya material eller deponeras. En del inerta material kan vara måttligt eller kraftigt förorenade och omges av en mängd olika regler som kan innebära att de behöver bearbetas innan de kan användas eller deponeras<sup>7</sup>. Brännbara material å andra sidan sorteras i viss mån upp på byggarbetsplatsen och körs därefter för vidare förädling beroende på materialslag. Det handlar då om energiåtervinning, konventionell materialåtervinning<sup>8</sup> och deponi. Förutsättningarna för avfallshantering skiljer sig

<sup>7</sup> <http://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/uppdragsrapporter/hantering-av-foroerade-jord-och-muddringsmassor.pdf>

<sup>8</sup> där avfallsmaterialet återvinns som ursprungligt material

också åt beroende på om avfallet uppstått under byggandet då det handlar om rent installationsspill eller om avfall uppkommit när man river byggnaden. I det förstnämnda fallet är förutsättningarna för materialåtervinning bättre eftersom material är rent och relativt lätt kan identifieras.

Det pågår en hel del projekt för att öka materialåtervinning av byggmaterial såsom plast (golv, plaströr, plastprofiler, emballageplast), betong och cement, gips, stenull. Med en ökad materialåtervinning kommer naturligt frågan vart sortering ska genomföras och hur man ska bygga upp insamlingssystemet. Dagens system är uppbyggt på källsortering och material som inte sorteras materialåtervinns inte.

Sveriges hantering av schaktmassor (såsom jord, lera, sand, grus och makadam) har ifrågasatts från många håll då det i dagsläget är en stor andel lågt förorenade och måttligt förorenade massor som läggs på deponi, trots att en hel del av dessa skulle kunna användas som återfyllnad och/eller konstruktionsmaterial. Det pågår också ett antal projekt med syfte att skapa förutsättningar för en mer hållbar cirkulär masshantering av låga och måttligt förorenade schaktmassor. Som exempel driver NCC Sverige AB ett SBUF projekt<sup>9</sup> på detta tema, Eco-loop har drivit flera projekt med inriktning mot cirkulär masshantering och Sveriges Byggindustrier har nyligen publicerat en rapport med syfte att öka förståelsen för vilka kostnader och vilken klimatpåverkan den felaktiga hanteringen av massor bidrar till (Sveriges Byggindustrier, 2018). I detta sammanhang bör Loop Rocks nämnas. Loop Rocks lanserades 2016 av NCC och var en digital marknadsplats som skulle matcha utbud och efterfrågan av byggmassor mellan olika byggarbetsplatser. I maj 2019 lades dock Loop Rocks ner på grund av att verksamheten inte var lönsam och att det var svårt att få in externt kapital.

Gällande återanvändning så finns en stor potential för återbruk men många av de vi pratar med tycker inte att detta är återvinnarens roll. Ett problem kopplat till återanvändning är matchningen mellan byggföretagen. "Vi måste veta att material finns tillgängligt när vi har behov av det". För att avfallsflöden ska minska är en viktig del förebyggande arbete och det pågår idag arbete för att minimera uppkomst av avfall i branschen. Trenden är att avfallsbehandlarna blir färre och större. Man vill vara en helhetsentreprenör. Tidigare fanns Allfrakt och Hans Andersson, som idag är Veolia. Stena och IL Recycling har slagit sig samman.

## Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem

Vi har separerat bygg- och rivningsavfall i inerta material och övriga material i analysen av framtida transportbehov. Vi har inte gjort någon skillnad på installationsspill och avfall eftersom det inte är möjligt att härleda vilken typ av projekt (nybyggnation, renovering eller rivning) som avfallet härstammar från i den nationella statistiken. Tabell 3 innehåller framtida insamlingssystem för övriga material. Om antar att samtliga övriga material som idag energiåtervinns eller läggs på deponi skulle kunna materialåtervinnas nås en summa av 521 190 ton<sup>10</sup>. De material det handlar om är brännbart (trä, plast, gummi, papper och övrigt brännbart) och glas eftersom metaller och kasserad utrustning materialåtervinns. För återanvändning är

<sup>9</sup> <https://www.sbuf.se/Projektsida/?id=35c59f93-0182-4624-9803-f1ad7dcf424b>

<sup>10</sup> Utgår från tabell 1 och räknat med att glas materialåtervinns istället för läggs på deponi. Vegetabiliskt avfall och kemiska rester är inte medräknad då vi inte ser någon annan behandling för dessa än energiåtervinning. Vi har heller inte räknat med blandat avfall som finns med i materialslag "mineralavfall från bygg och rivning" eftersom vi inte vet hur mycket av detta som består av blandat avfall.



inte siffran lika hög eftersom det avfall som uppstår i hög grad handlar om rester från plastgolv, plaströr, emballage och träplankor.

Med en ökad **materialåtervinning** ökar antalet unika produktflöden då materialåtervinning kräver att materialet är sorterat. Vidare så kommer transportsträckan att öka eftersom det är längre till materialåtervinnare än vad det är till förbränningsanläggningar för övrigt material. För en del fraktioner finns inte ens möjlighet att materialåtervinna inom Sveriges gränser. Ömtåligheten påverkas inte nämnvärt. Däremot är det möjligt att underlätta för efterföljande steg om material hålls rent från smuts. Exempelvis så skulle emballageplast och förpackningsplast som inte smutsats kunna gå rakt in i en materialåtervinningsprocess. Har platen däremot smutsats ner behöver man tvätta platen innan den kan materialåtervinnas, vilket adderar ett steg till processen.

Antalet insamlingsplatser kommer mest troligen inte påverkas av en ökad materialåtervinning eftersom det är antalet byggarbetsplatser som styr insamlingsplatsen. Värt att notera är att det finns projekt (ex Repipe<sup>11</sup>) där man testat att installatörer, transportörer och materialleverantörer tagit med sig installationsspill från byggarbetsplatsen och det skulle då gå att argumentera för att antalet insamlingsplatser skulle kunna öka. Dessa aktörer har dock ofta någon form av avfallshantering själva så även om volymer omfördelas i systemet påverkas antalet insamlingsplatser inte.

Gällande antal sorteringsplatser och var dessa ska lokaliseras och av vem sorteringen ska ske så har vi satt ett frågetecken. Det finns fördelar med dagens system uppbyggt på källsortering eftersom det anses resultera i bättre förutsättningar för materialåtervinning och därmed minskade kostnader (t ex Poon et al, 2001; Shen et al, 2004; Manjuanth och Umrigar, 2017). Samtidigt ställer en ökad källsortering ökade krav på logistiken då det typiskt krävs fler avfallsbehållare, mer hantering och risk för fler avfallstransporter på grund av ökad komplexitet. Vilken väg vi i framtiden kommer att gå är ovisst men detta är något som diskuteras hos byggföretags såväl som hos avfallshanterare.

Tabell 3: Analysmodell för bygg- och rivningsavfall inom kategorin ”övrigt material”.

Insamlingssystem	Materialåtervinning	Återanvändning
<b>Antal unika produktflöden</b>	öka	öka
<b>Transportsträcka</b>	öka	?
<b>Ömtålighet</b>	oförändrat	öka
<b>Antal insamlingsplatser</b>	oförändrat	oförändrat
<b>Sorteringsplatser (var och vem)</b>	?	?

Med en ökad **återanvändning** så kommer även det i detta fall krävas fler unika produktflöden i jämförelse med att material ska till energiåtervinning. Det är dock inte självklart att transportsträckan blir längre eftersom en del material skulle kunna återanvändas inom projektet eller av projekt som ligger geografisk nära det projekt där ”avfallet” skapades. Ömtåligheten ökar eftersom material inte får gå sönder, smutsas ner etc. På samma sätt som för resonemanget med antal insamlingsplatser för materialåtervinning så tror vi inte att dessa kommer att öka.

<sup>11</sup> Repipe (innovativ återvinning av rör och profiler) är ett pågående forskningsprojekt finansierat av ReSource som projektleds av RISE.

Däremot är det ovisst var och av vem sorteringen kommer ske. Kommer avfallshanterare kunna möjliggöra för återanvändning, byggentreprenörerna eller någon helt annan aktör? Kompanjonen är ett exempel på ett företag vars affärsidé bygger på att sälja bra begagnade produkter från bygg och anläggningsindustrin genom att köpa produkter från avfallsgenereraren och sedan sälja dessa vidare. NCC har även en plattform "Reused by NCC" som fungerar som Blocket för överblivet material internt.

Tabell 4 innehåller framtida insamlingsystem för inerta material. Om vi skulle anta att samtliga inerta material som idag läggs på deponi skulle kunna användas som återfyllnad/konstruktionsmaterial nås en siffra på 2,7 miljoner ton. Vi har då räknat med jordmassor och muddermassor då det är just hanteringen av dessa (schaktmassor) som ifrågasatts. Gällande materialåtervinning handlar det framförallt om mineralavfall. Om man på samma sätt leker med tanken att det mineralavfall som idag används som konstruktionsmaterial skulle kunna materialåtervinnas nås en siffra på 1,2 miljoner ton. Anledningen att vi inte ser någon potential för mineralavfall som idag läggs på deponi är att en väldigt stor andel av detta avfall består av blandat avfall som kräver rejäl upparbetning för att kunna användas.

Tabell 4: Analysmodell för bygg och rivningsavfall inom kategorin inerta material.

Insamlingsystem	Återfyllnad/konstruktionsmaterial	Materialåtervinning
<b>Antal unika produktflöden</b>	oförändrat	oförändrat
<b>Transportsträcka</b>	minska	öka
<b>Ömtålighet</b>	oförändrat	oförändrat
<b>Antal insamlingsplatser</b>	oförändrat	oförändrat
<b>Sorteringsplatser (var och vem)</b>	minska	?

En ökning av **återfyllnad/konstruktionsmaterial** för schaktmassor skulle framförallt påverka transportsträckan som skulle bli kortare eftersom massor istället för att mellanlanda på en anläggning för bearbetning skulle kunna köras direkt till ett projekt i nära anslutning till det projekt där massorna uppstod eller till och med nyttjas på plats. Eftersom massorna inte ska besöka en anläggning minskar också behovet av sorteringsanläggningar. Gällande **materialåtervinning** av mineralavfall så skulle det troligen betyda längre transportsträckor eftersom det inte finns så många materialåtervinnare av inerta material i Sverige. Sorteringsplatser har vi satt ett frågetecken på eftersom det är ovisst av vem och var som detta skulle ske, resten av dimensionerna i transportsystemet skulle vara oförändrade.

## Elektronikprodukter

Detta avsnitt består av en nulägesbeskrivning samt ett uppskattat framtida transportbehov för elektronikbransch.

### Volymer som sätts på marknaden

2016 såldes det 260 000 ton elektronik i Sverige, varav 205 000 ton till privatpersoner och 55 000 ton till olika verksamheter.

### Insamlade och behandlade avfallsmängder

Statistiken för insamlade mängder (ton) är uppdelad i sex fraktioner och sammanställs i Tabell 5.

Tabell 5: Insamlade mängder elektronikavfall.

	Diverse elektronik	Kylskåp och frysar	Vitvaror	Batterier	Lampor	Professionell elektronik	Totalt
Deponi	10 235	380	1706	1011	24	317	13 673
Energiåtervinning	7873	4819	5117	431	229	244	18 713
Materialåtervinning	60 622	20 163	27 290	1728	2160	1878	113 842
Återanvändning	-	-	-	-	-	-	-
	<b>78 730</b>	<b>25 363</b>	<b>34 113</b>	<b>3170</b>	<b>2414</b>	<b>2438</b>	<b>146 228</b>

### Avfall som inte samlas in

Skillnaden mellan volymer som sätts på marknaden och insamlade avfallsmängder är cirka 100 000 ton/år. Skillnaden mellan dessa kan bero på ett antal faktorer.

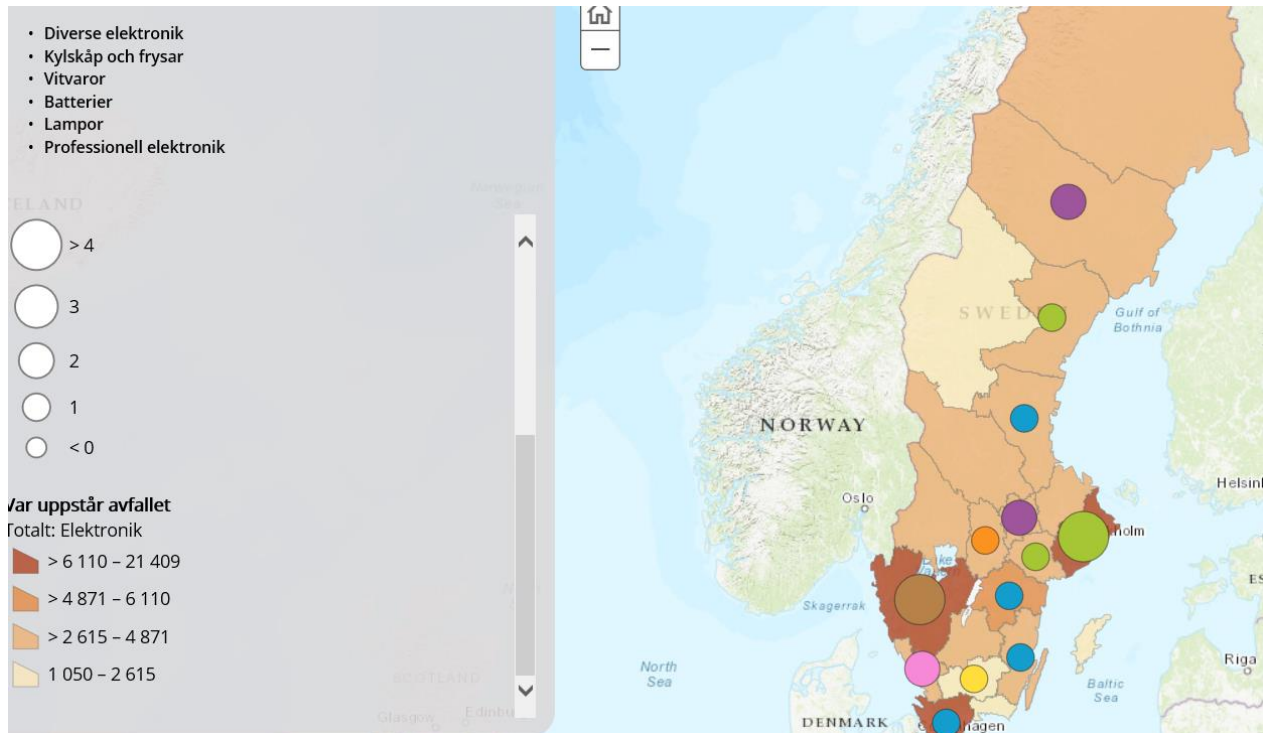
- Avfall slängs i hushållssoporna: Cirka 5000 ton/år hamnar i de vanliga hushållssoporna (Avfall Sverige, 2017).
- Sparar elektronik hemma
- Befintliga återanvändningssystem:
  - Inrego: Förra året hanterades 260 000 IT-produkter, som datorer, skärmar och mobiler och över 90 procent av utrustningen kunde gå till återanvändning, det vill säga säljas vidare på andrahandsmarknaden
  - Blocket, Tradera, Facebook mm
- Illegal export

### Dagens insamlingssystem

Elkretsen har idag ett rikstäckande insamlingssystem som innefattar 5000 batteriholkar, 600 återvinningscentraler, 30 återvinningsanläggningar, 1,5 miljoner fastighetsnära insamlingar och 100 godkända upphämtningsplatser för industribatterier. Detta avfall delas upp i fem olika fraktioner (ljuskällor; diverse småelektronik; stora vitvaror; kyl och frys; och batterier) och skickas till olika samarbetspartners. Alla ljuskällor går till Hovmantorp i Småland medan de andra fraktionerna skickas till olika samarbetspartners utifrån vilket geografisk zon det har samlats in i. Appendix A redovisar var avfallet uppkommer angett per fraktion.

Figur 4 visar var avfall uppstår och insamling av avfallet på länsnivå. Vi har antagit att elektronikavfall uppstår där människor bor och att avfallet därför följer befolkningsstatistiken (Se Appendix A). I Figur 4 representerar prickarna antal förbehandlingsanläggningar i EI-kretsens insamlingssystem medan färger representerar vart avfall uppstår. Färger på prickarna anger vilken fraktion som tas emot på respektive förbehandlingsanläggning. Se gärna figuren på följande länk för att få en bättre bild.

<https://vtital.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cd05de4975634eb6b8ba576cb537aae4>.



Figur 4: Avfallsstatistik och förbehandlingsanläggningar för elektronikavfall.

### Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov

Såsom EI-kretsens statistik visar finns det en underliggande stadig ökning av elektronikavfall i Sverige. Mellan 2018 och 2017 var ökningen av hanterat avfall 9 % (mätt i ton). Trenderna pekar på att produkterna som tas om hand av aktörer i återvinningsledet blir allt mindre men att antalet produkter samtidigt ökar. Detta betyder att vikt per enhet minskar men att totala summan av artiklar stadigt ökar. En generell fråga som dyker upp hos flera aktörer är hur plattskärmar och solpaneler ska hanteras vid återtag. Här behövs nya innovativa sätt att transportera för att få ut mest möjligt värde för transporten både ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Det uttalades att ett behov av lastbärare som är anpassade för att hantera skärmar, likt sådana som finns för glaspartier, finns hos dessa aktörer. Danmark och det separata insamlingsystemet som finns där för plattskärmar togs upp som en bra lösning.

För att möjliggöra en ökad volym av återbruk behöver beslutet om återbruk tas innan varorna hamnar på en återvinningscentral. Här pekas det på möjligheter att göra det enklare för privatpersoner och företag att skicka in sina produkter i kanaler för återbruk. För privatpersoner kom idéer om att utnyttja infrastrukturen för leveranser av E-handelsvaror för produkter som går att återanvända. Dessa skulle då exempelvis kunna stoppas i en specifik påse som sedan sorteras ut av mottagare. Det anses finnas stor potential att utnyttja befintlig transportinfrastruktur och utbud för de cirkulära flödena. Det behöver däremot finnas ett fungerande arbetssätt och processer som säkrar att personuppgifter inte hamnar fel eller lagras, att produkterna inte innehåller funktionsfel och att transporter sker enligt praxis som gäller för exempelvis farligt avfall. Efterfrågan av använda produkter behöver öka för att det ska finnas en lönsamhet i att hantera dessa flöden, menar aktörerna. Här anses barriärerna för ökat återbruk

av PC och mobiler ligga i att privatpersoner är rädda för att lagrad data hamnar i fel händer och därför kanske man behåller dessa produkter hemma.

Det finns en syn om att det i framtiden kommer finnas fler insamlingsplatser och då även platser som är dedikerade för återbruk. Ett konkret exempel är att det i Växjö ska byggas en återbruksstation. Fler börjar också få upp ögonen för tjänster som möjliggör återbruk, så som exempelvis Inrego. Troligtvis kommer även elektroniken att hanteras i fler fraktioner. Att utnyttja fysiska butiker och den infrastrukturen som finns där togs upp som ett exempel till potentiellt ny plats för insamling. För att möjliggöra bra transporteffektivitet finns en tro om att det i framtiden kommer finnas två separata flöden, ett för "silkesvantar" och ett som möjliggör hög fyllnadsgrad. Batterier anses utgöra ett stort cirkulärt flöde i framtiden. Frågan om hur detta flöde ska hanteras dök upp hos flera aktörer.

### Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem

Tabell 6 innehåller framtidens insamlingssystem för elektronikprodukter. Om vi skulle anta att all volym som idag energiåtervinnas skulle kunna materialåtervinnas så rör det sig om ungefär 18 000 ton. Denna potential skulle kunna ses som ambitiös, men även om en andel av detta skulle kunna materialåtervinnas rör det sig om flera tusen ton elektronik per år. Tar vi med det som hamnar på deponi blir den fulla potentialen strax över 30 000 ton per år som kan materialåtervinnas. Vi har tyvärr inte kunnat uppskatta potentialen för återanvändning.

Med en ökad **materialåtervinning** skulle behovet av transporter öka då material kommer behöva köras ut till fler noder än en om det bara hade riktats mot energiåtervinnare. Antalet insamlingsplatser förväntas också öka då nya insamlingsplatser kan introduceras, exempelvis butiksnätverk.

Tabell 6: Analysmodell för elektronikprodukter.

Insamlingssystem	MÅ	ÅA
<b>Antal unika produktflöden (från avfallsgenereraren)</b>	oförändrat	öka
<b>Transportsträcka</b>	öka	?
<b>Ömtålighet</b>	oförändrat	öka
<b>Antal insamlingsplatser</b>	öka (butiker som kan ta emot)	öka
<b>Sorteringsplatser (var och vem)</b>	oförändrat	öka

Antal unika produktflöden vid **återanvändning** förväntas öka då behovet av att separera produkter från varandra naturligt följer med ett återanvändningsflöde. Det är inte givet att transportsträckan behöver öka jämfört med nuläget, då ett återanvändningsflöde skulle kunna innebära mer flöden inom särskilda regioner jämfört med att transportera bulk längre sträckor. Men detta beror först på om produkter kommer återanvändas i Sverige eller utomlands. Självklart bör fyllnadsgrader i de olika uppläggen tas i beaktande för rättvisa indikationer. Antal insamlingsplatser och sorteringsplatser förväntas också öka i ett läge där mer volym går till återanvändande. Ett potentiellt scenario skulle kunna vara att insamling sker i dagens infrastruktur för utlämningsställen av paket. Det har också under projektet diskuterats huruvida kommunerna ska ta ett större ansvar för sorteringen och i ett sådant fall anses också antalet sorteringsplatser behöva öka.

## Textilier

Detta avsnitt består av en nulägesbeskrivning samt ett uppskattat framtida transportbehov för textilbranschen.

### Volymer som sätts på marknaden

Idag säljs det cirka 130 000 ton kläder/år i Sverige.

### Insamlade och behandlade avfallsmängder

2016 samlades det in 38 000 ton kläd- och textilavfall i Sverige genom 36 välgörenhetsorganisationer (SMED, 2018, rapport nummer 2). Dessa sammanställs i Tabell 7. Ungefär 43% av det som samlas in i Sverige sorteras också här. Av det insamlade går en mycket liten del (0,2%) till materialåtervinning i Sverige, och ungefär 5% av det som samlas in går till energiåtervinning/förbränning i Sverige. Gällande materialåtervinning så handlar detta i dagsläget om så kallad downcycling då det inte finns någon materialåtervinning på fibernivå. Istället handlar det om att textilierna används som trasor eller flisas ner och används i stoppning.

Tabell 7 Avfallshierarkin för insamlat textilavfall

Avfallshierarkin	Sverige (ton/år)	Utomlands (ton/år)
Deponi	0	100
Energiåtervinning	1800	1600
Materialåtervinning	100	4600
Återanvändning	7800	21 300
<b>Totalt</b>	<b>9 700</b>	<b>27 600</b>

### Avfall som inte samlas in

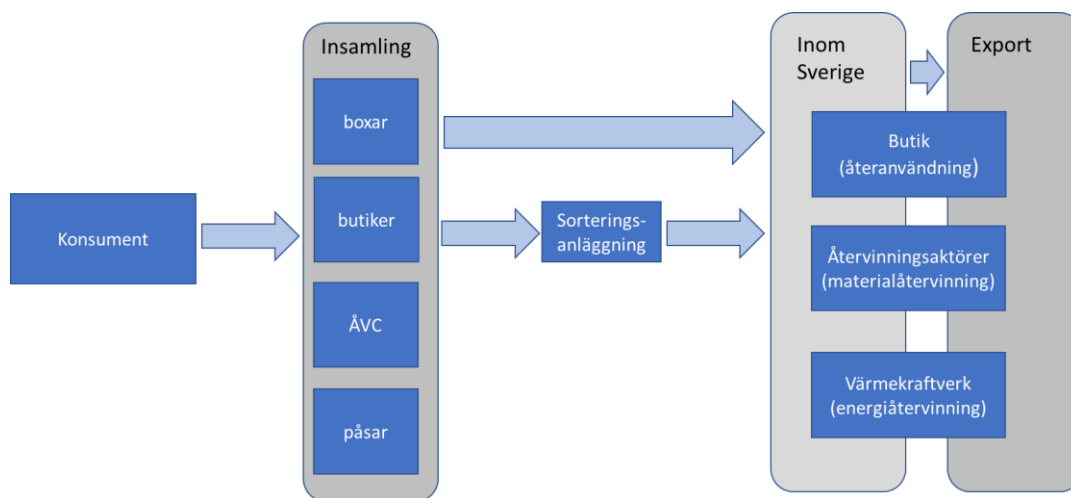
Det genereras cirka 113 000 ton kläd- och textilavfall varje år i Sverige och det uppskattas att 75 000 slängs i det osorterade hushållsavfallet och går till förbränning. Detta innebär att differensen mellan total försäljning i Sverige per år och insamling via välgörenhetsorganisationer samt det som slängs i det osorterade hushållsavfallet är 17 000 ton/år. Myrornas användarundersökning 2018<sup>12</sup> visar på att 89 % av svenskarna anser sig ha kläder hemma som de inte använder. Samma undersökning visar att 36 % av deltagarna sparar prylar och kläder garderob eller förråd. Dessa kläder kan antagligen sparas hemma (mängder kläder i garderoben växer), inofficiell export eller återanvänds via andra kanaler än välgörenhetsorganisationer, så som att andrahandsförsäljning mellan konsumenter (till exempel försäljning via Blocket, Tradera och Facebook). En hel del kläder samlas även in av oseriösa aktörer/organisationer.

I intervjuer med branschaktörer framkommer det att det skulle finnas stora fördelar om man kunde få en ökad detaljnivå gällande insamlingsgrader för olika typer av produkter. Detta skulle göra att det blev lättare att arbeta proaktivt på sorteringsanläggningarna.

<sup>12</sup> <https://www.myrorna.se/wp-content/uploads/sa-anvander-svenskarna-en-rapport-fran-myrorna-2018.pdf>

## Dagens insamlingsystem

Figur 5 visar en förenklad bild av dagens insamlingsystem för textilier. Det är välgörenhetsorganisationer/idéburen sektor som står för den egentliga insamlingen och typiskt handlar det om att dessa aktörer tillhandahåller klädboxar vid återvinningscentraler, i anslutning till dagligvaruhandel och vid återvinningsstationer eller inlämning hos klädföretag (exempelvis Lindex som Myrorna har ett samarbete med) och vid produktionsanläggningar. Många välgörenhetsorganisationer har även egna second-hand butiker där man som konsument kan lämna in sina textilier. Från konsument till insamlingsplats handlar det om korta transporter dit konsumenter själva transporterar sina textilier. Gällande textilier som hamnar i hushållsavfall så samlas detta typiskt in av kommunen via mjölkrundor. Från insamlingsplats till sorteringsanläggning och/eller butik är det välgörenhetsorganisationer som antingen på egen hand eller via speditörer transporterar textilierna och då används typiskt mjölkrundor. Från sorteringsanläggning till second-hand butiker, materialåtervinning och energiåtervinning går större transporter då ofta utförda av speditörer. Det finns även en del producenter som sköter sin egen insamling och då tar klädföretaget typiskt emot uttjänta kläder i butik. Textilavfallet transporteras till stora sorteringsanläggningar utomlands och därifrån till återanvändning, downcycling eller förbränning. En stor del av det som samlas in, 68,6%, går på export.

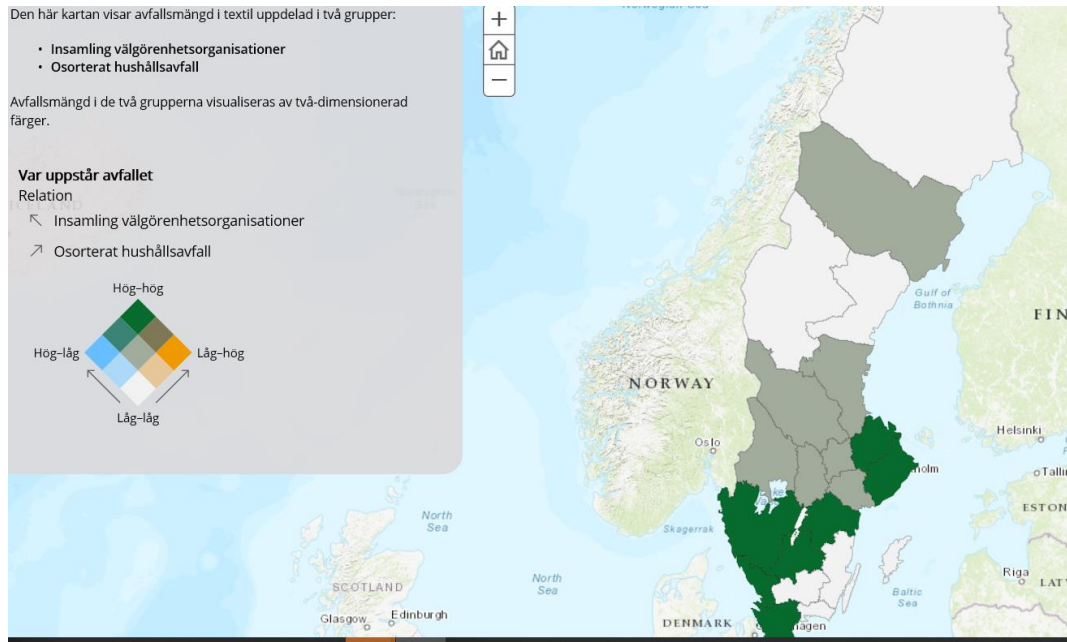


Figur 5: Dagens insamlingsystem för textilier.

De stora insamlingsföretagen är Myrorna, Björkåfrihet, Svenska Röda korset och Human Bridge.

- Myrorna samlade 2017 in 8239 ton textil via 1) 1207 klädboxar, 2) 40 butiker och produktionsanläggningar, 3) 206 Lindex-butiker (Myrorna, 2018). I intervjuer med Myrorna framkommer det att av det som sorteras så är det ca 20% som håller måttet så att det kan säljas på den svenska marknaden. Myrorna har en egen fordonsflotta på ca 50 bilar men köper också in transporter och insamling.
- Björkåfrihet samlade in 3200 ton textilier 2017 via klädboxar, påsar och fastighetsnära insamling (ex tvättstugor). Björkåfrihet har två sorteringsanläggningar, fem egna butiker och 16 lastbilar och verkar framförallt i Västra Götaland.

- Svenska Röda korset samlade in 3000 ton 2017 via sina ca 270 second-hand butiker. Enligt intervjuer med Röda korset går ca hälften av det som samlas in till återvinning av olika slag.
- Human Bridge samlade in 8000 ton 2017. De har fyra sorteringsanläggning, fyra deponier och en hubb samt tio egna butiker i sitt insamlingssystem.



Figur 6: Avfallsstatistik för textilier

En hel del textilier återanvänds via Blocket och Tradera och vi har varit i kontakt med Blocket som inte vill lämna ut uppgifter om hur mycket textilier som säljs via Blocket. Dock så berättar de säljare och köpare till 80% möts fysiskt och endast 20% av varorna skickas med paket. Det genomsnittliga avståndet mellan säljare och köpare är 44 km.

Figur 6 visar var avfall uppstår på länsnivå. Vi har antagit att textilavfall uppstår där människor bor och att avfallet därför följer befolkningsstatistiken (Se Appendix A). Se gärna figuren på följande länk för att få en bättre bild.

<https://vtital.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cd05de4975634eb6b8ba576cb537aae4>

## Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov

Då det är en väldigt liten del av textilierna som faktiskt samlas in (33%) är branschaktörerna överens om att insamlingen måste öka. Detta är också anledningen till EU:s nya direktiv som innebär att Sveriges måste ha ett nationellt insamlingssystem på plats senast 2025 och till att diskussionen kring producentansvarsfrågan intensifierats.

En hel del projekt och initiativ har genomförts för att försöka öka insamlingsgraden. Tester har exempelvis genomförts där man placerat insamlingskärl i bostadshus och Stadshus med goda resultat (exempelvis Karlstadsenergi, 2017). Få kommuner har dock testat fastighetsnära



insamling. Att ha i åtanke är att det vid insamling av textilier är viktigt att separera dem från annat avfall, annars förstörs materialet.

Projekt har också genomförts för att öka cirkuläritet. Exempel på initiativ är uppstarten av bolaget Re:newcell, som har utvecklat en process för att återvinna cellulosan från textilier som innehåller bomull. Forskning och utveckling på detta område kämpar mot stora tekniska begränsningar och i dagsläget finns ingen kommersiellt storskalig materialåtervinning av textilier. En viktig förutsättning för materialåtervinning är sortering av material och kring denna fråga är Wargön Innovation en viktig aktör. Wargön Innovation har en testanläggning för sortering av textilier och ambitionen är att bygga upp kunskap för att etablera en storskalig, automatisk sorteringsanläggning i Sverige (Alpman, 2019). Andra projekt fokuserar på återanvändning och hållbar konsumtion, exempelvis "Cheap Monday" där designer tog hand om gamla lakan från Berendsens avfall (Berendsen, 2018) och "F/Act movement" där en testgrupp ska använda kläder cirkulärt (F/Act, 2019).

De branschaktörerna som vi kommit i kontakt med är överens om att framtidens insamlingssystem för textilier behöver vara utformat på ett sådant sätt att det premierar hållbar konsumtion, stimulerar nytt företagande och nya jobb inom Sverige och som grundar sig på en effektiv logistik och energieffektiva transporter. Viktigt i detta sammanhang är att öka intresset för att återanvända och återvinna samt att nyttja befintlig infrastruktur både gällande transporter (kombinera olika varugrupper, tur och returtransporter, lastmile transporter) och hubbar/logistikcenter (utlämningsplatser av e-handel varor, ICA, Coop etc.).

### Utvalda flöden och dess framtida insamlingssystem

Tabell 8 innehåller framtidens insamlingssystem för textilier. Om vi skulle anta att all volym som idag energiåtervinnas istället skulle materialåtervinnas rör det sig om ungefär 3 400 ton. Antar vi på samma sätt att det som idag materialåtervinnas skulle kunna återanvändas så rör det sig om 4 700 ton. Satt i relation till att 75 000 ton årligen hamnar i soporna varav ca 50% skulle kunna återanvändas kan man konstatera att potentialen för textilier i första hand inte handlar om att flytta sig uppåt i avfallstrappan utan snarare att öka andelen insamlade volymer.

Tabell 8: Analysmodell för textilier.

Insamlingssystem	Materialåtervinning	Återanvändning
Antal unika produktflöden (från avfallsgenererare)	oförändrat	öka
Transportsträcka	öka	?
Ömtålighet	öka	öka
Antal insamlingsplatser	?	?
Sorteringsplatser (var och vem)	öka	öka

Med en ökad **materialåtervinning** förmodas den totala transportsträckan öka eftersom sträckan till materialåtervinnare är längre än till värmeverk. Antal unika produktflöden kommer sannolikt att vara konstant då textilierna inte kommer behöva sorteras upp ytterligare efter någon särskild kategori när det rör sig om återvinning. Antal sorteringsplatser kommer sannolikt att öka för att hantera den ökade volymen.

I fallet för **återanvändande** är det svårt att spekulera i vilken riktning den totala transportsträckan kommer gå. I dagsläget återanvänds majoriteten av allt som samlas in i Sverige utomlands och fortsätter vi på samma sätt så handlar det om långväga transporter.

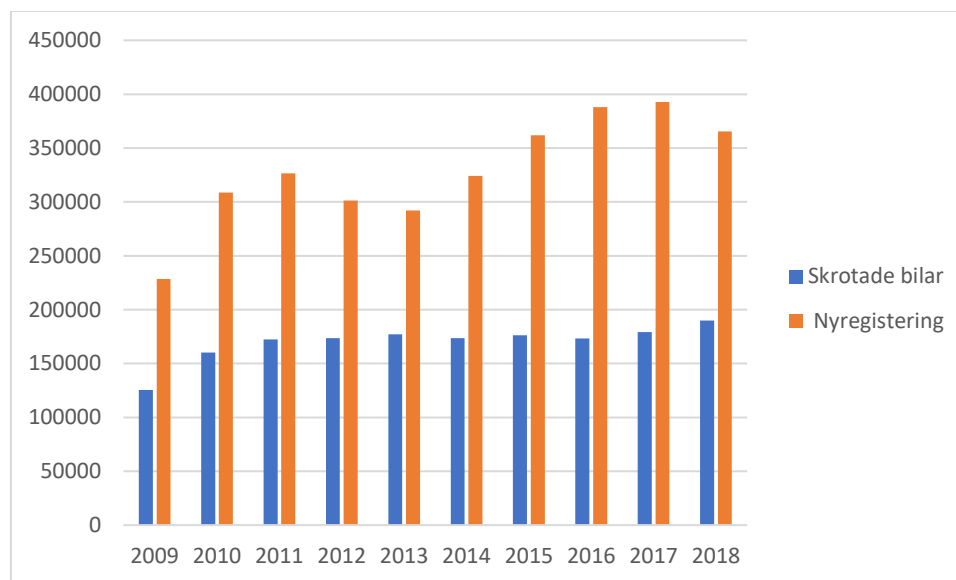
Dock skulle man på sikt kunna tänka sig att en större andel sorteras i Sverige och att fler textilier skulle kunna återanvändas i Sverige. Vid återanvändning kommer antalet unika produktflöden sannolikt att öka då det skulle kunna uppstå ett behov av att exempelvis sortera ut mattor från tröjor. En aspekt kopplat till antalet insamlingsplatser är huruvida ledtiden från insamling till återanvändande behöver kortas ner eller inte, för att återanvändande ska vara med attraktivt. I ett sådant läge krävs också förmodligen fler sorteringsstationer med närhet till både insamling och efterfrågan från återanvändare.

## Personbilar

*Detta avsnitt består av en nulägesbeskrivning samt ett uppskattat framtida transportbehov för personbilar.*

### Volymer som sätts på marknaden

Figur 7 visar antal nyregistrerade och skrotade bilar från 2009 fram till 2018. Som kan utläsas ökar nyregistreringar från 2015 men 2018 har antalet sjunkit något. Skrotade bilar håller sig ganska konstant. 2018 har vi 365 535 registrerade personbilar samt 189 896 skrotade bilar.



*Figur 7: Nyregistrerade och skrotade bilar 2018 (baserat statistik från SCB). Nyregistrerade avser inte endast bilar som tillverkas och säljs i Sverige eller som importerats och sålts i Sverige utan även direkt importerade, vilket betyder att en del bilar inte är helt nya utan kan vara äldre modeller som köpts in.*

### Insamlade och behandlade avfallsmängder

BIL Sweden rapporterar årligen in till Naturvårdsverket vad som samlats in och hur det insamlade avfallet behandlats. Bildemonterare samt fragmenteringsanläggningar rapporterar i sin tur in till BIL Sweden via deras webbaserade rapporteringssystem ([materialredovisning.se](http://materialredovisning.se)). I detta rapporteringssystem så anger bildemonterare/fragmenteringsföretag årligen allt material som skickats till återvinning. Det är viktigt att kunna tala om vad som hänt med det material som

skickats iväg i termer av materialåtervinning, energiåtervinning och deponi. Återanvändning anges inte i rapporteringssystemet men återanvändning räknas indirekt eftersom Sverige använder sig av subtraktionsmetoden. Denna metod går ut på att differensen mellan vad som rapporterats in och vad man förväntar sig borde rapporterats in ses som återanvändning.

Tabell 9: Mängder material som samlats in samt information om vad som händer med materialet.

Materialslag	Mängder (ton)	Vad som händer med avfallsfraktionen
Batteri, bly	1702	Materialåtervinns
Batteri, litium	0,29	Materialåtervinns
Batteri, NiCd, NiMH	0	Materialåtervinns
Batteri, Övriga	0	Materialåtervinns
Olja	1059	Materialåtervinns
Bromsvätska	8	Materialåtervinns
Kylarvätska	220	Materialåtervinns
Spolarvätska	9	Materialåtervinns
Oljefilter	51	Olja som finns kvar materialåtervinns och resten energiåtervinns (förhållande 20/80).
Köldmedia	15	Finns företag som kan rensa dessa (materialåtervinning) men även en del deponi/energiåtervinning.
Bly	4	Materialåtervinns
Komponenter, kvicksilver	0,28	Finns en väldigt liten mängd kvicksilver komponenter, läggs i en speciell bing och går till materialåtervinning och energiåtervinning.
Komponenter, PCB/PCT	0,008	Energiåtervinning/deponi.
Gastankar	0,81	Energiåtervinning
Potentiellt explosiva komponenter	8	Enligt bilskrotningsförordning så måste du oskadliggöra explosiva komponenter genom avskjutning. Följer typiskt med bilen och blir en del av chassivikten. De få delar som kommer in på detta sätt tas om hand för materialåtervinning.
Glas	1418	Materialåtervinns och energiåtervinns
Komponenter, koppar	80	Materialåtervinns
Komponenter, aluminium	1563	Materialåtervinns
Komponenter, magnesium	0	Materialåtervinns
Kablage	130	Materialåtervinns
Järn/stål	7625	Materialåtervinns
Komponenter, övrig metall	197	Materialåtervinns
Däck med plåtfälg	1321	Materialåtervinning/energiåtervinning

Materialslag	Mängder (ton)	Vad som händer med avfallsfraktionen
Däck med aluminiumfälg	105	Materialåtervinning/energiåtervinning
Däck, övriga	1401	Materialåtervinning/energiåtervinning
Katalysator	316	Materialåtervinning/energiåtervinning
Motor/växellåda	886	Materialåtervinning
Plast	66	Plast följer typiskt med karossen och blir en del av chassivikt hos fragmenterare. Den del som demonteras på detta sätt materialåtervinns.
Chassivikt från fragmenterare	174 165	Vad som händer med det som kommer in till fragmenteringsanläggningarna är känslig information. Dock behöver fragmenteringsanläggningarna rapportera till BIL Sweden.

Tabell 9 redogör för mängder avfall som samlats in för respektive material och vad som typiskt händer med respektive fraktion. Tabell 10 bygger på Återvinningsrapporten (2019) från samt samtal med BIL Sweden (eftersom det inte i rapporten går att härleda vad som hänt med materialet). År 2017 skrotades 192 395 bilar. Eftersom återanvändning och återtillverkning inte rapporteras in får vi i denna tabell veta vad som gått till materialåtervinning, energiåtervinning och deponi. Den riktigt stora posten "chassivikt från fragmenterare" visar hur stor andel karosser som skickats till Skrotfrag, Stena eller Kuusakoski. Detta är en del som blir över när bildemonterare plockat bort delar för att sälja som reservdelar eller delar som gått direkt till materialåtervinning.

Tabell 10: Behandlingsmetod för insamlade volymer inom fordonsåtervinning.

Avfallshierarkin	Mängd (ton/år)	Avfallsfraktion
Återanvändning	77 001	
Materialåtervinning	152 310	batterier, olja, vätskor, oljefilter (20%), köldmedia (33%), bly, kvicksilver, glas, metaller, däck (50%), plast, katalysator (50%)
Energiåtervinning	26 569	köldmedia (33%), kvicksilver (50%), PCB/PCT (50%), gastank, explosiva komponenter, glas (50%), däck (50%), katalysator (50%), plast
Deponi	13 472	köldmedia (33%), PCB/PCT (50%), plast, gummi, textil
<b>Totalt</b>	<b>269 353</b>	

I Återvinningsrapporten (2018) redovisas för hur stor andel av den vikt som samlats in som återvunnits och återanvänds och materialåtervunnits. Totalt anges att 95% återvunnits varav 86% återanvänds eller materialåtervunnits. Enligt EU direktiv ska återvinningsgraden av uttjänta fordon uppgå till minst 95% av bilens vikt i genomsnitt, varav 85 viktprocent ska gå till återanvändning eller materialåtervinning. Genomsnittsbilen i trafik för en tjänstevikt är 1400 kg. Om man räknar på att 192 395 bilar skrotades 2017 så har vi en total vikt på 269 353 ton. Räknar vi ihop summan för alla material som samlas in i Tabell 3 så får vi en vikt på 192 353 ton. Enligt subtraktionsmetoden så är det då 77 001 ton som går till återanvändning. För att vi ska kunna få ihop ekvationen där 95% återvunnes varav 86% återanvänds eller

materialåtervinns så måste 0,92 av det material som åker genom fragmenteringsanläggningen gå till återvinning varav 0,78 materialåtervinnas. Tabell 10 sammanställer behandlingsmetoder för fordon.

### Avfall som inte samlas in

Bilar som inte samlas in för återvinning:

- Blir stående, man skickar inte iväg dem till skroten
- Bilar dumpas i naturen
- Illegal skrotning (hamnar hos oseriösa demonterare)
- Illegal export
- Försäljning på nätet av reservdelar (kommer inte med i statistiken)

Av Sveriges 6,2 miljoner bilar totalt i bilregistret så är 21% tillfälligt avregistrerade, dvs 1,3 miljoner bilar är avställda. Antalet avställda bilar har ökat de senaste åren. Att ställa av bil är något som bilhandlare använder när de står i hamn och som används av bilägare som bara kör på sommaren. Enligt experter från Bilretur bedöms det att hälften av de 1,3 miljoner bilarna som är avställda borde komma in till bilåtervinning. Med andra ord 600 000 av de avställda bilarna är bilar som står hemma eller har dumpats i naturen.

### Dagens insamlingssystem

När en bilägare anser att bilen är uttjänt så kan man antingen köra den till närmaste auktoriserad bildemonterare eller så beställer man en hämtningstjänst från bildemonteraren. Hos bildemonteraren miljösanteras bilen på farligt avfall såsom oljor, glykol, airbags och andra vätskor. Därefter demonteras delar som kan säljas för återanvändning eller direkt för materialåtervinning medan resterande delar följer med karossen till ett fragmenteringsföretag.

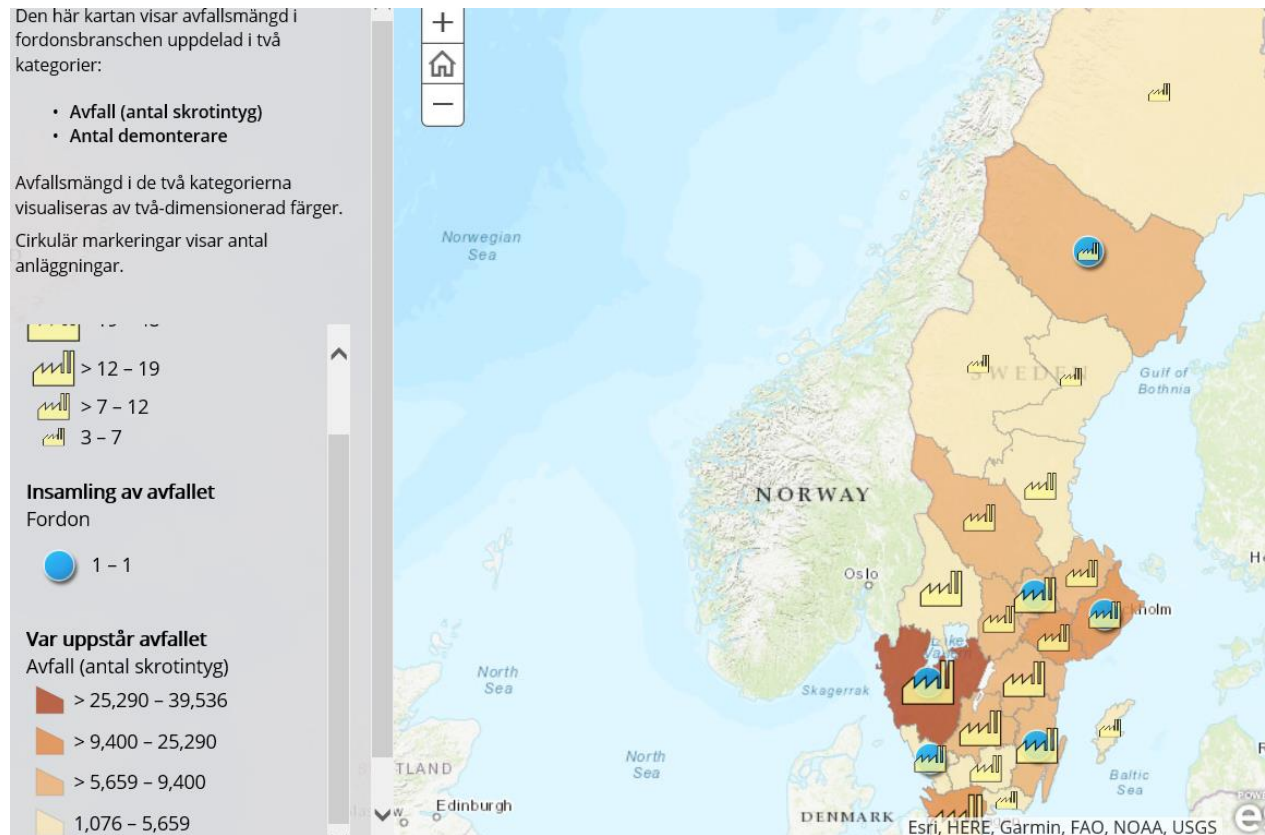
Ett 100-tal bildemonteringsföretag köper även in nyare skadade bilar från försäkringsbolag för demontering och återanvändning av reservdelar. Dessa företag är spridda över hela landet och har sedan början av 1970-talet byggt upp rikstäckande nätverk för sökning och anskaffning av begagnade reservdelar. Proceduren ser likadan ut som för uttjänta bilar med skillnaden att fler delar plockas för återanvändning.

Flöden går med andra ord med reservdelar, typiskt till serviceverkstäder men även till privatpersoner. Dessa går via Postnord/DHL/Schenker och andra budfirmor eller med demonterarnas/serviceverkstäders egna bilar. En del flöden går direkt till materialåtervinnare (ex kablage). Stora flöden av karosser går till Skrotfrags, Stenas eller Kuusakoski Recyclings fragmenteringsanläggningar. På fragmenteringsanläggningarna mals/krossas bilen till småbitar och sorteras med hjälp av magneter, luftströmmar och vattenbad. Järn och stål säljs direkt till smältverk men det finns även en efterfrågan på koppar, aluminium, zink, magnesium, nickel och bly. Plast och brännbart går till energiåtervinning samt en liten del läggs på deponi.

Figur 8 visar var avfall uppstår samt fragmenteringsanläggningar på länsnivå. För att redogöra för vart avfall genereras har vi utgått från statistik från Bilretur från 2017 på antal skrotintyg som tagits om hand av demonterare. Fabrikerna visar antal demonterare, färger mängden avfall som uppstår i termer av antal skrotintyg och pricken visar var fragmenteringsanläggningarna är lokaliserade. Flöden av reservdelar mellan demonterare och skadeverkstäder (återanvändning) samt från demonterare direkt till materialåtervinnare finns inte med i bilden. Se gärna figuren på

följande länk för att få en bättre bild.

<https://vtital.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cd05de4975634eb6b8ba576cb537aae4>.



Figur 8: Avfallsflöden och fragmenteringsanläggningar.

## Trender som påverkar cirkuläritet och transportbehov

Viktiga drivkrafter för branschen är de politiska målen om fossilfri fordonsflotta 2030 och nollvisionen (ingen ska dödas eller skadas i trafiken). Det utvecklas nya, autonoma former av mobilitet och transportsystem. Intresset för eldrift växer. Inom en snar framtid kommer mängden litium-jonbatterier i den svenska bilflottan att öka kraftigt, och de svenska bilmärkena elektrifieras i hög utsträckning. Från 2019 kommer alla nya Volvo Cars-bilar att antingen vara hybridbilar eller helt eldrivna bilar. Under 2019-2021 kommer fem nya, helt eldrivna bilar att lanseras (tre Volvo-modeller, två Polestar). 10% av Volvo Cars globala försäljning kommer att vara elektrifierad 2020, och ett nytt mål är att 50% av försäljningen ska vara helt eldrivna bilar.

Övergången till eldrift i transportsektorn och till förnybar energiproduktion kommer att kräva stora volymer av råvaror för produktion av litium-jon-batterier. Därutöver måste en effektiv och säker returlogistik för insamling av elbilsbatterier säkras och bättre avinstallations- och demonteringstekniker tas fram. Transporter av batterier innebär transport av farligt gods vilket innebär att effektiva förpackningar till rimliga kostnader måste tas fram och att utbildning för säker avinstallation av batterier från elbilar genomförs.

En annan skillnad mellan dagens bilpark och morgondagens är att elbilar innehåller elmotorer, med ett högre innehåll av sällsynta jordartsmetaller än förbränningsmotorer, och mindre mängder gjutna aluminiumkomponenter än konventionella bilar.

För att lyckas möta återvinningsmålet kommer det i framtiden vara viktigt att lyckas materialåtervinna sådant material som idag inte materialåtervinns i nämnvärd omfattning. Det handlar framförallt om icke-metalliska material där plast representerar den största mängden. Plastdelar följer typiskt med karossen in i fragmenteringsanläggningen där den blir en del av den så kallade fluff-fraktionen<sup>13</sup> som går till energiåtervinning. Men det handlar också om elektronik som ökar i bilar och innehåller många knappa metaller såsom guld, silver och sällsynta jordartsmetaller. Bilelektronik demonteras inte i någon större utsträckning utan följer precis som plastdetaljer med karossen till fragmentering.

En ytterligare trend som kan komma att påverka cirkulationssystemet är transporttjänster och fordonsdelning. Mycket talar för att bilmarknaden kommer att bestå av allt fler självkörande bilar, bilar med delat ägande och bilar som korttidsuthyrs då outnyttjad bilkapacitet kan hyras ut per timme. Enligt branschaktörer kommer delningsekonomin göra avtryck i större städer och påverka återvinningsandelen positivt, då företagen som erbjuder tjänsterna för delning jobbar med processer för att både leverera ut och hämta in bilarna igen efter användande. Potentialen för dessa tjänster utanför större städer anses begränsad och då även möjligheten till ökad återvinning.

Gällande fordonsåtervinning så finns det inget mål för hur många bilar som ska samlas in, vilket branschexperter tycker är synd eftersom det är många bilar som avregistrerats och står och skräpar i naturen eller hemma.

Bilretur menar att en demonterare behöver ha 1000-1500 bilar för att gå runt ekonomiskt (för att vara lönsam). Med detta sagt är det max 100-150 demonteringsföretag som kommer finnas i framtiden. Även skadeverkstäder blir färre och större. I framtiden spås flera hubbar och mottagningsplatser för uttjänta bilar som sedan skickas in i ett system som utgörs av färre men större demonteringsanläggningar än idag.

## Utvalda flöden och dess framtids insamlingssystem

Tabell 11 innehåller framtidens insamlingssystem för personbilar. Potentialen för materialåtervinning finns framförallt att finna i plaster, textilier och knappa jordmetaller. Med en ökad elektrifiering behöver man också behöva hitta insamlings- återanvändnings- och materialåtervinningsystem för litium-jonbatterier. Uppskattning visar på att plast från bilar som idag energiåtervinns men som skulle kunna materialåtervinnas uppgår till 10 000 till 50 000 ton

---

<sup>13</sup> Flufffraktionen är den fraktion material som blir över efter att man under fragmentering och sortering tagit hand om metalliska material. Flufffraktionen består i huvudsak av plast, textilier och gummi men även en liten del metall (som man inte lyckats separera under fragmenteringen, handlar då typiskt om aluminium, rostfritt stål och koppar).

per år (Naturvårdsverket, 2018, Rapport 6844). Prognoser från projektet SCAR<sup>14</sup> uppskattar att det för litium-jonbatterier handlar om ca 180 000 batterier per år fram till 2050.

Tabell 11: Analysmodell för personbilar.

Insamlingsystem	Materialåtervinning
<b>Antal unika produktflöden</b>	öka/oförändrat
<b>Transportsträcka</b>	öka
<b>Ömtålighet</b>	öka/oförändrat
<b>Antal insamlingsplatser</b>	minska
<b>Sorteringsplatser</b>	?

Det finns egentligen två sätt att öka **materialåtervinningen** av sådana material som inte återvinns i någon högre utsträckning. Antingen genom att demontera mer innan fragmentering eller genom att utveckla teknik för fragmenteringsanläggningar som bättre kan ta hand om dessa material. Om vi går mot det första alternativet så kommer antalet unika produktflöden att öka från demonteraren och eventuellt även transportsträckan eftersom det troligen inte finns lika många lokaliseringar för materialåtervinning som för fragmentering. Eftersom material som idag inte materialåtervinns behöver förbehandling är det sannolikt att tänka sig att en sådan förbehandlare finns på nationell basis så att transporteffektivitet kan uppnås. Beträffande ömtålighet så kommer denna öka med en ökad demontering för materialåtervinning eftersom material inte längre följer med en pressad kaross utan plockas bord och fraktas i ett unikt flöde. Om det handlar om plastkomponenter kan man tänka sig olika varianter där material först pressas eller mals innan transport för att öka fyllnadsgrader. Om det handlar om batterier så kommer man mest troligen behöva använda särskilda lastbärare. Om vi istället tänker oss att material skickas till fragmenteringsanläggningen så följer materialet med karossen och antalet unika produktflöden, transportsträcka och ömtålighet kommer vara oförändrad från demonterare till fragmenteringsanläggning. Däremot så kommer transportererna från fragmenteringsanläggning att öka eftersom det finns färre materialåtervinnare än energiåtervinnare om det inte är så att fragmenteringsanläggningarna tar sig an även materialåtervinningen. Oavsett var sorteringen kommer ske så kommer antalet insamlingsplatser mest troligen att minska eftersom det inte kommer vara lönsamt med så många demonterare som det finns idag. Eventuellt kan man tänka sig uppsamlingsplatser där bilar tas emot för att gemensamt transporteras till demonteringsföretag.

Gällande **återanvändning** så är detta system redan väldigt utvecklat i dagsläget och avser delar som demonteras och säljs till skadeverkstäder och privatpersoner. Återanvändningen kommer med stor sannolikhet inte öka då bilar blir allt för komplexa, utvecklingen går snarare åt andra hållet. Branschaktörerna menar dock på att det borde gå att demontera mer delar för återtillverkning, men att det i praktiken stannar vid lönsamheten hos demonterare då efterfrågan inte finns samt att det är mer lönsamt att köpa in nyproducerade delar jämfört med att renovera begagnade reservdelar.

<sup>14</sup> Syfte: Öka kunskap kring utveckling av hållbara system för insamling, eftermarknad och återvinning av batterier från elfordon. Involverade: Volvo cars, IF Skadeförsäkring, Chalmers tekniska högskola, Chalmers industriteknik, Jönköpings bildemontering, Stena recycling AB. Finansiär: Energimyndigheten.



## Kvantitativ skattning av realiserbar effektiviseringspotential

Skillnaderna i de två olika dataseten som har använts har avgörande betydelse på vilka typer av analyser som är möjligt att basera på dessa. Eftersom datasetet ODM innehåller skattningar om tomtransporter, blir det möjligt att basera beräkningar om överbalanser (d.v.s. tomkörningar i båda riktningarna i en relation) på det materialet. För att kunna beräkna obalanser behövs varugrupsindelade data varför dessa beräkningar är baserade på datasetet TT. För att beräkna överlagrade överbalanser behövs varugrupsindelade data över tomtransporter, något som saknas i båda dataseten.

Däremot kan man beräkna ett proxy-mått eller en indikator på den överlagrade överbalansen genom att mäta förändringen i naturliga obalanser före och efter att olika delsystem har överlagrats. Detta blir då ett mått på systemets *effektiviseringspotential* som inte är exakt samma mått som maximal realiserbar *effektiviseringspotential* som överbalanser är ett mått på. Överbalanser beräknas på utfallet av genomförda transporter medan obalanser är resultatet av skevhet i efterfrågan på transporter.

Dessa resultat bör tolkas med stor försiktighet eftersom de grundar sig på antagandet om att alla varugrupper transporteras i separata system och inte samutnyttjar samma transportenheter. Detta är en förenkling i Samgods som leder till en överskattning av de naturliga obalanser i beräkningarna nedan. Dessutom innehåller materialet ingen temporal dynamik, d.v.s. efterfrågans frekvens och fördelning över tid går inte att urskilja. Detta innebär en sannolik överskattning av den realiserbara effektiviseringspotentialen.

Nedan följer en redovisning av skattningen av överbalanser baserad på ODM följt av skattningar av naturliga obalanser baserad på TT. Därefter redovisas skattning av indikatorer för överlagrade överbalanser och beräkningar av effektiviseringspotentialen som följer denna åtgärd. Slutligen redovisas en branschindelad skattning av naturliga obalanser för flöden i de branscherna som denna förstudie fokuserar på.

### Skattning av överbalanser (ODM)

KPI:erna som är beräknade baserad på ODM har vissa gemensamma egenskaper som följer av att materialet inte är varugrupsindelade. Det innebär bl.a. att överbalanser som beräknas sannolikt är överskattade. Det innebär att den realiserbara potentialen framstår som större än den rimligen kan antas vara. Det beror framförallt på att alla enheter inte kan samutnyttjas mellan de olika varugrupporna och i beräkningarna går det inte att urskilja om en identifierad överbalans egentligen är två naturliga obalanser, i motsatt riktning för varugrupper som inte kan samutnyttja samma enheter. Man får ju ändå en skattning på överkapaciteten som indikator på effektiviseringspotential som är bättre än där man började d.v.s. statistik över tomkörningar.

Beräkningarna utgår i huvudsak från antalet tomtransporter uppdelade på fordonstyper. Medelvärden och aggregeringar av mått över olika fordonstyper är i förekommande fall viktade med lastkapacitet. Lätta lastbilar har exkluderats från beräkningarna då dessa utgör en försumbar andel av de interregionala flödena på länsnivå.

Nedan följer en förteckning över beteckningarna som används i ekvationerna som följer samt en beskrivning av dess innebörd:

A = antal transporter

Q = transportvolym (ton)  
 G = fordonstyp  
 C = maxlastvik  
 N = nod  
 R = relation  
 T = total  
 E = tomkörning  
 L = lastad körning  
 S = systemnivå  
 Ö = överbalans  
 O = obalans (ej realiserbar potential)  
 F = fyllnadsgrad  
 V = varugrupp

I utgångsläget var ODM-data representerat som flöden mellan kommuner, en alltför disaggregerad nivå för våra analyser. I ett första steg aggregerades därför data till länsnivå. Exempelvis beräknades antal tomtransporter från län  $i$  till län  $j$ , som vi betecknar med  $AE_{ij}$ , som summan av alla tomtransporter från kommunerna i län  $i$  till kommunerna i län  $j$ . Eftersom vi här ignorerar alla inomlänstransporter, kan vi sätta  $AE_{ii} = 0$ .

Vi definierar nu överbalansen mellan länen  $i$  och  $j$  som det minsta av tomflödena mellan länen i de båda riktningarna:

*Ekvation 1*

$$\ddot{O}_{ij}^R = \min(AE_{ij}, AE_{ji})$$

där beteckningen R markerar att det handlar om en relation mellan två noder, dvs två län. Om vi enbart har tomflöden i den ena riktningen, så blir således överbalansen 0. Om vi däremot har lika många tomflöden i båda riktningarna så blir överbalansen total, dvs lika med  $AE_{ii}$  som är lika med  $AE_{jj}$ . Överbalansen inom ett län,  $\ddot{O}_{ii}^R$ , blir per automatik 0. Man noterar också att överbalansen är symmetrisk, dvs. att  $\ddot{O}_{ij}^R = \ddot{O}_{ji}^R$ .

Överbalanser i en relation,  $ij$ , kan aggregeras till högre nivåer genom direkt summering från lägre nivåer. Exempelvis kan överbalansen i en nod, dvs i ett län  $n$ ,  $\ddot{O}_n^N$ , definieras som:

*Ekvation 2*

$$\ddot{O}_n^N = \sum_{l \in L} \ddot{O}_{ln}^R$$

där  $L$  betecknar mängden av alla län. Överbalansen i en specifik nod är alltså lika med summan av alla överbalanser som uppstår i samtliga relationer till andra län.

Man kan även aggregera till total systemnivå. Totala överbalansen i Sverige definieras som:

*Ekvation 3*

$$\ddot{O}^S = \sum_{l \in L} \ddot{O}_l^N$$

Den totala överbalansen på systemnivå är således summan av alla obalanser på individuell läns-läns-nivå. Samtliga mått på överbalanser ovan; per relation, nod eller totalt i hela nätverket måste beräknas separat för varje lastbilstyp. Detsamma gäller beräkning av överbalanser som andel av samtliga transporter eller samtliga tomtransporter.

Totala överbalansen i hela transportnätverket som andel av samtliga tomtransporter,  $\% \ddot{O}^E$ , är beräknad enligt Ekvation 4:

*Ekvation 4*

$$\% \ddot{O}^E = \frac{\ddot{O}^S}{\sum_{ij} AE_{ij}}$$

Där summeringen över både  $i$  och  $j$  görs över alla län. Detta relativa mått kan begränsas till en specifik nod eller relation på ett uppenbart sätt.

Totala överbalansen i hela transportnätverket som andel av samtliga transporter, lastade som tomma,  $\% \ddot{O}^T$ , är beräknad enligt Ekvation 5:

*Ekvation 5*

$$\% \ddot{O}^T = \frac{\ddot{O}^S}{\sum_{ij} AT_{ij}}$$

På samma sätt kan man beräkna överbalansen som andel av samtliga transporter, lastade som tomma. Poängen med att uttrycka måttet som andel av samtliga transporter än endast tomtransporter är att den förra också innehåller information om proportionerna av det maximala realiserbara effektiviseringspotentialen i förhållande till transportsystemets omfattning och storlek.

Poängteras bör att samtliga mått ovan måste beräknas per lastbilstyp och går inte att summera utan vidare. De fyra olika lastbilstyperna som ingår i analysen har en maxlastvikt mellan 9 och 47 ton. För att få en rättvisande representation av hur stor andel av transporter eller tomtransporterna som utgörs av en överbalans måste resultatet viktas med avseende på lastkapacitet.

Överbalansen på nätverksnivå som andel av tomtransporter då viktning med avseende på lastkapaciteter gjorts,  $\% \mu \ddot{O}^E$ , beräknas enligt Ekvation 6:

*Ekvation 6*

$$\% \mu \ddot{O}^E = \frac{\sum_{g \in G} C_g \ddot{O}^{S,g}}{\sum_{g \in G} (C_g \sum_{ij} AE_{ij}^g)}$$

där indexet  $g$  anger en specifik lastbilsklass och  $G$  anger mängden av lastbilsklasser. Som viktsfaktorer,  $C_g$ , har här använts lastkapaciteterna (=maxlastvikterna).

På motsvarande sätt beräknas överbalansen på nätverksnivå som andel av samtliga transporter då viktning med avseende på lastkapaciteter gjorts,  $\% \mu \ddot{O}^T$ , enligt Ekvation 7:

*Ekvation 7*

$$\% \mu \ddot{O}^T = \frac{\sum_{g \in G} C_g \ddot{O}^{S,g}}{\sum_{g \in G} (C_g \sum_{ij} AT_{ij}^g)}$$

Motsvarande kapacitetsviktade medelvärden i Ekvation 6 och Ekvation 7 kan även formuleras på mer disaggregerad nivå, dvs för varje relation eller nod.

Lastkapacitetsviktad andel tomtransporter med avseende på totala transporter,  $\% \mu AE$ , beräknas enligt Ekvation 8:

*Ekvation 8*

$$\% \mu AE = \frac{\sum_{g \in G} (C_g \sum_{ij} AE_{ij}^g)}{\sum_{g \in G} (C_g \sum_{ij} AT_{ij}^g)}$$

$\% \mu AE$  är också nödvändigt för att beräkna systemets totala kapacitetsutnyttjandegrad.

Systemets fyllnadsgrad med avseende på totala antalet transporter d.v.s. inklusive tomtransporter,  $F^T$ , beräknas enligt Ekvation 9:

*Ekvation 9*

$$F^T = \sum_{g \in G} \frac{\sum_{ij} Q_{ij}}{\sum_{ij} C_g AT_{ij}}$$

På samma sätt beräknas systemets fyllnadsgrad med avseende på antalet lastade transporter,  $F^L$ , beräknas enligt Ekvation 10:

*Ekvation 10*

$$F^L = \sum_{g \in G} \frac{\sum_{ij} Q_{ij}}{\sum_{ij} C_g AL_{ij}}$$

$F^T$  och  $F^L$  skiljer sig åt såtillvida att  $F^L$  anger snittfyllnadsgraden i lastade lastbilar medans  $F^T$  anger systems fyllnadsgrad inklusive tomtransporter. Därav följer att  $F^T \leq F^L$ . Resultatet från beräkningarna ovan redovisas i Tabell 12. Tabellen anger för respektive lastbilstyp, beträffande lastbilstransporter mellan samtliga län; andel tomtransporter ( $\%AE$ ), överbalanser som andel av totala antalet transporter ( $\% \ddot{O}^T$ ), överbalanser som andel av totala antalet tomtransporter ( $\% \ddot{O}^E$ ) samt fyllnadsgrad med ( $F^T$ ) och utan ( $F^L$ ) tomtransporter inkluderat. Sista kolumnen betecknat "Viktad medel" anger motsvarande mått viktat med kapacitet.

Tabell 12 Resultattabell överobalanser

**Resultattabell - Överobalanser**

KPI	MGV16	MGV24	MGV40	MGV60	Viktad medel
%AE	42%	43%	37%	39%	39% (% $\mu$ AE)
%Ö <sup>T</sup>	36%	28%	22%	27%	27% (% $\mu$ Ö <sup>T</sup> )
%Ö <sup>E</sup>	84%	66%	59%	69%	68% (% $\mu$ Ö <sup>E</sup> )
F <sup>T</sup>	42%	45%	45%	47%	46%
F <sup>L</sup>	73%	79%	72%	77%	76%

**Skattning av obalanser (TT)**

KPI:er nedan är beräknade på datasetet TT som är varugrupsindelad och innehåller uppgifter om transportvolym, fordonstyp, snittavstånd, fyllnadsgrad m.m. TT innehåller dock inget om tomtransporter. Det innebär att man från ett annat håll kan räkna fram liknande skattningar som ovan för att få grepp om hur stor den realiserbara effektiviseringspotentialen är. Där vi ovan räknar på överobalanser med hjälp av data om tomkörningar, kan vi här, uppdelat på olika varugrupper räkna fram naturliga obalanser baserad på transportefterfrågan för dessa mellan olika län. Resultaten från ODM ger måttet på överobalansen som en form av realiserbar potentialmax för *effektivisering* baserad på utfallet av utförda transporter, medans här kan man "dra ifrån" den naturliga obalansen från överkapaciteten och därigenom få en skattning systemets maximala *effektivitetspotential* baserad på skevheterna i efterfrågemönstret på transporter. Man kan argumentera för att beräkningar av obalanser i det här sammanhanget är ett mer tillförlitligt mått än beräkningarna av överobalanser ovan. Dels för att man kan dela in efterfrågan varugrupsvis men också, eftersom man får med skillnaden i fyllnadsgrad i olika riktningar i en relation som egentligen döljs i ODM-datat.

Beräkningarna nedan har genomförts med datatestet TT och samtliga resultat är separat för samtliga ingående varugrupper. Ingen hänsyn har tagits till fordonstyper eftersom beräkningarna baserad på den transportefterfrågan för varje varugrupp i varje relation och inte transportkapacitet. Beräkningarna är fokuserade på att ta fram naturliga obalanser för varje varugrupp samt undersöka effekten av att överlagra olika varugrupper.

På motsvarande sätt som tidigare använder vi beteckningen  $Q_{ij}$  för att beskriva totala tonflöden från län  $i$  till län  $j$ . Liksom tidigare ignorerar vi inomlänslöden och därmed sätta  $Q_{ii}=0$  för alla län. I detta avsnitt kan  $Q_{ij}$  avse en eller flera varugrupper, vi låter detta vara underförstått utan att explicit markera detta i beteckningarna.

Obalansen i tonflöden från län  $i$  till län  $j$ ,  $O_{ij}^R$ , definierar vi enligt Ekvation 11:

Ekvation 11

$$O_{ij}^R = Q_{ij} - Q_{ji}$$

Till skillnad från överbalanser, som alltid är icke-negativa, är obalanser riktning beroende. När det uppstår en obalans mellan två noder, kommer en att vara en sänka d.v.s. efterfrågan av transporter till noden är större än ifrån den, och den andra en källa; efterfrågan av transporter är större ifrån den än till.

Detta förhållande fordrar viss eftertanke när man ska aggregera obalanser från enskilda relationer till noder och från noder till hela nätverket. Om man summerar alla obalanser för en viss varugrupp i ett nätverk kommer resultatet att bli noll eftersom källor och sänkor tar ut varandra.

Obalans på transportefterfrågan per varugrupp i en nod  $n$ ,  $O_n^N$  beräknas enligt Ekvation 12:

*Ekvation 12*

$$O_n^N = \sum_{l \in L} Q_{nl} - Q_{ln}$$

När man aggregerar obalanser från individuella relationer till en nod, har vi valt att addera obalanserna som uppstår i samtliga relationer där noden ingår. Det innebär obalanser i olika flöden till/från noden "tar ut" varandra. Vi utgår ifrån att det är rimligt att anta att överkapacitet som uppstår i en relation kommer att kunna användas i en annan relation från/till samma nod där kapacitetsbrist uppstår. Detta är också samstämmigt med antagandet i Samgods att samlastning/samutnyttjande av samma transportresurser endast kan ske inom en varugrupp. Det förhållandet gör det också möjligt att studera effekten av överlagring för obalanserna nedan.

Obalansen i en nod  $n$  (för en specifik varugrupp) som andel av den totala efterfrågan av transporter (för den varugruppen),  $\%O_n^N$  beräknas enligt Ekvation 13:

*Ekvation 13*

$$\%O_n^N = \frac{O_n^N}{\sum_{l \in L} (Q_{nl} + Q_{ln})}$$

$\%O_n^N$  är det relativa måttet för  $O_n^N$  och anger flödesskevheten i en nod och för en specifik varugrupp. Det skulle vara möjligt att för en nod aggregera obalanser som uppstår för samtliga varugrupper till ett enda mått, men det måttet skulle vara mycket svårtolkad. Istället söker vi nedan dels att aggregera obalanserna i hela eller delar av nätverket för varje varugrupp (Ekvation 14) och dels överlagra olika varugrupper genom att tillåta samutnyttjande av transportresurser för dessa varugrupper och beräkna obalanserna i det nya upplägget (Ekvation 16).

Totala obalansen i hela transportnätverket för en specifik varugrupp som andel av den totala efterfrågan av transporter för den varugruppen,  $\%O^S$ , beräknas enligt Ekvation 14:

*Ekvation 14*

$$\%O^S = \frac{\sum_{n \in L} \%O_n^N \times |O_n^N|}{\sum_{ij} |O_n^N|}$$

Tolkningen av obalans angivet som andel av totala transportefterfrågan är inte självklar. För en intuitivt enklare tolkning av obalans uttryckt enligt ovan, kan man omvandla %O till ett mått på förväntat andel tomkörningar vid maximalt resursutnyttjande (EE) enligt Ekvation 15. EE anger den andel av transporterna som förväntas gå tomma endast p.g.a. obalansen i efterfrågan på transporter i en relation, nod eller hela systemet. EE är en minimumskattning eftersom den endast utgår ifrån den obalansen i den aggregerade efterfrågan och inte tar hänsyn till temporal dynamik, säsongsvariationer eller andra operativa och marknadsmässiga överväganden och avvägningar som också kan orsaka tomkörningar som därmed inte beror på ineffektivitet i transportsystemet.

*Ekvation 15*

$$EE = 1 - \frac{1}{1 + \%O}$$

Kombinerat med skattningar på överkapacitet utgör detta ett underlag för skattning av den realiserbara effektiviseringspotentialen. Det som försvårar nyttiggörandet av detta mått är det faktum att vi i vårt datamaterial inte har tillgång till uppgifter om tomkörningar uppdelat på varugrupper. Utan dessa uppgifter blir skattningen av obalanser svårtolkade mått på realiserbar effektiviseringspotential. Det som går att åstadkomma med befintligt dataunderlag är att aggregera skattningen av obalanser över samtliga varugrupper, för vilket vi har överkapacitetsmått.

Man kan beräkna ett värde på andel av obalans för hela eller delar av nätverket innehållande samtliga eller en delmängd av samtliga varugrupper,  $\%O^S$ , enligt Ekvation 16:

*Ekvation 16*

$$\%O^S = \frac{\sum_{v \in V} (\sum_{n \in L} |O_n^{N,v}|) \times \%O_v^S}{\sum_{v \in V} (\sum_{n \in L} |O_n^{N,v}|)}$$

Resultaten från varugrupsindelade obalansberäkningarna på nationell nivå redovisas i Tabell 13. Notera att i dessa skattningar ingår inte avstånd eller inomregionala transporter.

*Tabell 13 Skattning av obalanser, varugrupsindelad*

VG	Beskrivning	total volym	%O <sup>S</sup>	EE
1	Cereals	1 034 381	37%	27%
2	Potatoes, other vegetables, fresh or frozen, fresh fruit	43 49 366	52%	34%
3	Live animals	251 549	70%	41%
4	Sugarbeet	26 091	21%	17%
5	Timber for paper industry (pulpwood)	23 884 311	59%	37%
6	Wood roughly squared or sawn lengthwise, sliced or peeled	6 359 966	67%	40%
7	Woodchips and wood waste	6 425 386	57%	36%

VG	Beskrivning	total volym	%O <sup>S</sup>	EE
9	Textiles, textile articles and man-made fibers, other raw animal and vegetable materials	155 891	73%	42%
10	Food stuff and animal fodder	9 691 876	23%	19%
11	Oilseeds and oleaginous fruits and fats	1 127 410	54%	35%
12	Solid mineral fuels	4 835 976	78%	44%
16	Non-ferrous ores and waste	1 021 275	73%	42%
17	Metal products	8 081 186	64%	39%
18	Cement, lime, manufactured building materials	4 049 757	53%	35%
19	Earth, sand and gravel	11 389 920	60%	37%
20	Other crude and manufactured minerals	3 942 191	39%	28%
21	Natural and chemical fertilizers	750 903	78%	44%
22	Coal chemicals	34 432	75%	43%
23	Chemicals other than coal chemicals and tar	12 947 726	42%	30%
24	Paper pulp and wastepaper	3 666 053	80%	44%
25	Transport equipment, whether or not assembled, and parts thereof	803 982	40%	29%
26	Manufactures of metal	1 996 280	28%	22%
27	Glass, glassware, ceramic products	273 330	46%	32%
28	Paper, paperboard; not manufactures	4 603 099	87%	47%
29	Leather textile, clothing, other manufactured articles than paper, paperboard and manufactures thereof	5 187 505	21%	18%
31	Timber for sawmill	6 337 299	82%	45%
32	Machinery, apparatus, engines, whether or not assembled, and parts thereof	3 616 820	15%	13%
33	Paper, paper board and manufactures thereof	3 326 385	67%	40%
<b>Total</b>		<b>130 211 512</b>	<b>62%</b>	<b>38%</b>

### Skattning av indikator för överlagrande överbalanser

Det tillgängliga datamaterialet medger inte direkt beräkning av överlagrade överbalanser p.g.a. att uppgifterna om tomkörningar inte är varugrupsindelade. Ett sätt att skatta en indikator för hur



överlagring av olika varugrupper skulle påverka den realiserbara effektiviseringspotentialen, är att skatta obalanserna för en lämplig grupp av varugrupper före och efter överlagringen. Förändring i andelen naturliga obalanser skulle fungera som en indikator för hur den realiserbara effektiviseringspotentialen skulle kunna påverkas av överlagring. Det går inte att utifrån denna indikator dra säkra slutsatser om förändringens storlek med avseende på överbalanser. Överbalanser är ett mått på ineffektivitet och påverkas egentligen inte kausalt av storleken på obalanser i flödet. Obalanser är ett mått på hur stor andel av transportererna går tomma när systemet är som mest effektivt. Att visa på en förändring i andelen obalanser indikerar potential för att kunna skapa ett mer resurssnålt system, givet samma prestanda. Men påverkar inte mekaniskt ineffektiviteten i systemet. Däremot är förändring i obalanser ett tydligt mått på systemets maximala *effektivitet*spotential (ej att förväxla med effektiviseringspotential som har varit ett av de centrala begreppen i den här studien).

I Tabell 14 redovisad resultaten från skattningen av en indikator för hur överlagring kan påverka den realiserbara effektiviseringspotentialen. I vänstra kolumnen är flera olika varugrupper som efter en kvalitativ bedömning har ansetts ha potential att kunna samutnyttja samma transportresurser, grupperats ihop. Total volym anger summan av mängden gods som transporteras med lastbil mellan länen i hela Sverige under ett år. "%O<sup>S</sup> (ej ÖL)" är det viktade genomsnittet av obalanserna för de ingående varugrupperna d.v.s. beräkning av %O<sup>S</sup> (Ekvation 16) med randvillkoren satt till aktuella varugrupper." %O<sup>S</sup> ÖL" är obalansmättet för när dessa varugrupper överlagras i ett system, d.v.s. om det betraktades som en ny, större varugrupp (Ekvation 14). Motsvarande beräkningar av EE, som betecknar den förväntade andelen tomkörningar vid maximalt resursutnyttjande, är redovisade för före och efter överlagring. EE är inkluderat för att förenkla tolkningen av förändringar i flödesskevhet till följd av överlagring. De två kolumnerna till höger är beräkning av den procentuella förändringen av obalanser och EE som är de två tydligaste indikatorerna för hur överlagring påverkar systemets effektivitetspotential.

Tabell 14 skattning av indikator för överlagrade överbalanser

Grupp av varugrupper	Total volym (ton)	%O <sup>S</sup> (ej ÖL)	%O <sup>S</sup> (ÖL)	EE ej (ÖL)	EE (ÖL)	%Δ O	%Δ EE
<b>1,2,4,10,11</b>	16 229 125	41%	28%	29%	22%	-32%	-25%
<b>5,6,7,28,31</b>	47 610 060	69%	32%	41%	24%	-53%	-41%
<b>16,18,19,20</b>	20 403 143	59%	32%	37%	24%	-46%	-35%
<b>9,25,27,29,32,33</b>	13 363 913	48%	26%	32%	21%	-45%	-36%
<b>17,26</b>	10 118 631	62%	40%	38%	28%	-35%	-25%

Om man tittar på första raden innebär det att innan överlagring, när samtliga i den gruppen ingående varugrupperna (1,2,4,10,11) beräknades gå i slutna, separata system, skulle det maximalt effektiva utförandet av dessa transporter innebära att 29% av transportererna skulle vara tomtransporter. Om man däremot, överlagrar transportefterfrågan för alla dessa varugrupper i en och samma transportsystem skulle motsvarande siffra sjunka till 22% vilket är 25%-minskning av den förväntade andelen tomkörningar vid maximalt resursutnyttjande eller med andra ord en ökning av *effektivitet*spotentialen, jämfört med innan överlagring.

Detta är en skattning av en indikator där antagandet av basscenariot (att varugrupper transporteras i slutna, separata transportsystem) innebär en grov förenkling. Därför bör resultaten tokas mycket försiktigt. Dessutom har avgörande frågor kring teknisk och operativ kompatibilitet av flöden som avses överlagras ej beaktats. Resultaten bör snarare betraktas som en illustration av begreppet överlagring och dess effekt på effektivitetspotentialen av transportsystemet.

### Skattning av obalanser (branschindelad)

Ambitionen har varit att tillämpa modellerna ovan för att skatta potentialen för att nya, cirkulära flöden i de utvalda branscherna, ska kunna absorberas av den befintliga överkapaciteten/flödesskevheten i det befintliga transportsystemet. Detta visat sig inte riktigt vara möjligt inom ramen för den aktuella förstudien. I den tillgängliga data som har använts för de kvalitativa analyserna, saknas uppgifter som godsflyttningar. Man vet totalvolymerna och vart dessa uppstår, men saknar tillförlitliga uppgifter om förflyttningsmönstret för transportefterfrågan. En annan svårighet är att de kvantitativa analysmodellerna är utvecklade för nationella flöden, och under förstudiens gång har det stått klart att de stora, intressanta utmaningarna gällande cirkulära flöden i huvudsak berör lokala/regionala transportflöden. Det innebär att det inte alls är säkert att ytterligare ansträngningar för analys av nationella flöden är ändamålsenligt, i ljuset av studiens syfte.

Baserad på modellerna ovan kan man beräkna obalanser och systemeffektivitetspotential för varje bransch, men det är inte självklart vilka slutsatser som man kan dra från dessa beräkningar med avseende på potentialen för det befintliga systemet att absorbera det nya transportbehovet genom befintliga överkapacitet. Till exempel har vi sammanställt hur stor andel av det nya transportbehovet som uppstår i regioner som är källor eller sänkor som en indikator på denna potential. Dock är resultaten inte tillräckligt tillförlitliga att basera säkra slutsatser på givet det faktum att vi inte har kunnat ta fram O-D-matriser för den nya efterfrågan. Ett annat sätt att söka komplettera de kvalitativa analyserna har varit att försöka förhålla omfattningen av de nytillkomna cirkulära volymerna i relation till omfattningen av obalanserna i det befintliga systemet (% av O). Resultatet av beräkningar av obalanser, effektivitetspotential, var efterfrågans spridning med avseende på befintliga obalanser samt den omfattningen av nya flöden jämfört med befintliga obalanser är redovisade i Tabell 15.

Tabell 15 Resultat av skattning av obalanser indelat efter bransch

bransch	varugrupper	Total volym	%O <sup>s</sup>	EE	%sänka*	% av O**
Bygg	18,19	15 439 678	41%	29%	45%	1%
El	32	3 616 820	15%	13%	47%	9%
textil	9,29	5 343 396	22%	18%	48%	4%
fordon	25	803 982	40%	29%	66%	14%

\* anger hur stor andel av de nytillkomna cirkulära flöden som uppstår på länsnivå som har en negativ obalans (är en sänka) för den specifika varugruppen/varugruppskombinationen

\*\* anger de nytillkomna cirkulära flöden som uppstår på länsnivå som andel av den befintliga obalansen för den specifika varugruppen/varugruppskombinationen på nationell nivå

Utgår man ifrån befintliga obalanser ser man att bygg- och fordonsflöden uppvisar de största obalanserna samtidigt som totalvolymerna för dessa branscher skiljer sig väsentligen åt. I fallet med Bygg, ser man att de cirkulära flödena motsvara ca 1% av befintliga obalanser (observera att detta gäller obalanser och inte total transporterat volym). Man ser också att mindre än hälften av det cirkulära transportbehovet uppstår i regioner som idag är sänkor och därmed skulle besitta en överkapacitet för transporter av dessa volymer från regionen. Oavsett dessa förhållanden är den avgörande faktorn i sammanhanget att byggvolymernas karaktäristik manar till att minimera långa transporter överhuvudtaget och att en förutsättning för framgångsrik tillämpning av cirkulär logistik i sammanhanget är att koncentrera det nya cirkulära transportbehovet till lokala och regionala transporter och i möjligaste mån undvika långa transporter. Det innebär att även i fallet där obalanserna skulle ha varit större eller för ändamålet mer gynnsamt fördelade, är det ändå inte säkert att den mest effektiva åtgärden är att ta till vara denna kapacitet.

Beträffande fordonsbranschen ser man däremot att det finns flera skäl, både produktion- och processtekniska men också kopplat till branschstrukturen, där en större grad av centralisering skulle vara nödvändig eller önskvärd. Man ser också att given de befintliga obalanserna och spridningen av den nya efterfrågan är det rimligt att anta att en andel av de nya flödena kan absorberas av befintlig överkapacitet. Dock går det inte att dra säkra slutsatser utifrån beräkningarna ovan.

Fallet med EI och textilier innebär ytterligare svårigheter som de nationella analyserna inte förmår adressera. Båda varugrupperna är välanpassade för standardiserade distributionssystem vilket gör att modellantagandet i Samgoods om att olika varugrupper inte samutnyttjar samma transportresurser bidrar till att öka osäkerheten i resultaten när man betraktar dessa varugrupper isolerat i den här typen av analyser. Elprodukter har redan idag ett mycket välutvecklat insamlingssystem där det mesta återvinns. Hållbarhetspotentialen finns i att "vandra upp för avfallstrappan" och försöka omvandla flöden av produkter som idag materialåtervinns för återanvändning. Omvänt, för textilier, är bristen på effektiva, heltäckande insamlingssystem det avgörande hindret och utan att en sådan finns att utgå ifrån, blir kvantitativa analyser av dessa flöden på nationell nivå, med av seende på obalanser och effektiviseringspotential, svåra att genomföra på ett meningsfullt sätt.

## Diskussion och slutsatser

*I detta avsnitt diskuteras resultaten som presenterats ovan. Avsnittet innehåller också överväganden av resultaten i förhållande till 3F:s program mål och utvecklingen av ett hållbart godstransportsystem.*

### Byggmaterial

Insamlingsystemet för byggmaterial är uppbyggt på källsortering vilket i praktiken går ut på att material som inte är sorterat på byggarbetsplatsen hamnar längst ner i avfallstrappan. I dagsläget räknar man med att ca 50% av bygg- och rivningsavfallet återvinns<sup>15</sup> samtidigt som EU:s återvinningsmål deklarerar att minst 70 viktprocent ska materialåtervinnas eller återanvändas före 2020.

De material som skulle kunna materialåtervinnas i högre grad är brännbara material, glas och mineralavfall. Från ett transportperspektiv handlar det om ett ökat behov av långväga transporter från insamlingsplats till materialåtervinnare eftersom materialåtervinnare inte finns att tillgå på samma sätt som kraftvärmeverk. För en del material, såsom plast kan man behöva köra utanför Sveriges gränser för att nå en materialåtervinnare. Materialet transporteras typiskt i containers och är inte speciellt ömtåligt så det torde finnas potential att nyttja transporter i befintligt transportsystem för dessa flöden. Viktigt i sammanhanget är att transportörer måste ansöka om tillstånd från länsstyrelsen för att yrkesmässigt transportera avfall. En stor utmaning är insamlingen av byggavfall eftersom olika typer av material (plast, trä, glas, betong, tegel, gips) ska till olika materialåtervinnare och materialet uppstår i relativt små volymer hos ett stort antal byggprojekt. Samordning och konsolidering för att få upp volymer från byggarbetsplatser är därmed avgörande för att nå transporteffektivitet i systemet. I detta sammanhang blir en väsentlig fråga var materialet ska sorteras. Samtidigt som förutsättningarna för materialåtervinning ökar om material sorteras på byggarbetsplatsen kan det finnas logistiska fördelar med att sortera uppströms i kedjan och dra fördelar av skalfördelar. En del material kräver dessutom stor expertis för att sorteras på ett sådant sätt att de kan materialåtervinnas. För en effektiv insamling kan man tänka sig att det skulle gå att nyttja transporter av nya varor som kör in till byggarbetsplatsen som kan ta med sig avfall. I flera fall är det till och med samma transportör som utför transport av nya varor och av byggavfall. Eventuellt skulle man kunna nyttja avfallslogistik dedikerad till andra branscher men eftersom byggprojekten inte är statiska kan det vara svårt att få till ett sådant arrangemang i praktiken.

Om vi förutsätter att det brännbara material som idag går till energiåtervinning, det glas som går till deponi och det mineralavfall som används som konstruktionsmaterial skulle kunna materialåtervinnas hamnar vi på 1,7 miljoner ton.

Det byggmaterial som skulle kunna återanvändas i högre utsträckning är övrigt material medan det material som skulle kunna användas som återfyllnad/konstruktionsmaterial är schaktmassor.

---

<sup>15</sup> Med återvinning räknad materialåtervinning, användning som konstruktionsmaterial och återanvändning.

Transportbehovet för återanvändning av byggmaterial och återfyllnad/konstruktionsmaterial är kopplat till kortväga transporter. I de bästa av världar kan man tänka sig att material används direkt på plats eller av projekt som är geografiskt nära och att det därmed inte behövs någon mellanlagring. En stor utmaning är att material sällan uppstår samtidigt som det finns behov av detsamma vilket kan betyda att det behövs en mellanlagringsanläggning för att möjliggöra för matchning. Gällande masshantering så har det under lång tid riktats kritik till dagens hantering där massor transporteras bort istället för att omdisponeras inom tomten eller transporteras till närliggande projekt. En mer effektiv masshantering skulle således betyda ett minskat behov av transporter, enligt uppskattningar med så mycket som 10-30% (Trafikverket, 2010). För att möjliggöra för återanvändning torde det även i detta fall finnas potential att nyttja transporter av nya varor som kör in till byggprojekt.

Om vi förutsätter att de schaktmassor som hamnar på deponi skulle kunna användas som återfyllnad/konstruktionsmaterial samt att allt övrigt material som energiåtervinns skulle kunna återanvändas hamnar vi på 3,2 miljoner ton. Denna siffra är förstås inte helt realistisk eftersom mycket av det material som uppstår i form av installationsspill inte går att återanvända och eftersom en del massor är förorenade.

## Elektronikprodukter

För elektronikprodukter råder producentansvar och insamlingsnivåerna i Sverige är bland de högsta i Europa, ca 77% (Kjellsdotter Ivert et al., 2015). Av det som samlas in återvinns över 90% (ibid). Systemet är uppbyggt på att maximera materialåtervinning men det finns potential att öka återanvändningen. De transporter som följer av en ökad återanvändning är kortväga från avfallsgenererare till insamlingsplats. Från insamlingsplats till kund som ska återanvända produkterna kan det handla om kortväga transporter om produkter används i Sverige och långväga transporter om produkter används utomlands. Eftersom det är avfallsgenereraren som avgör vad som ska hända med avfallet är det mest troligen svårt att nyttja existerande insamlingssystem för återanvändning då det inte är möjligt att återanvända när produkter väl hamnat på ÅVC. Däremot bedöms det finns stora möjligheter att nyttja last-mile transporter och e-handel infrastruktur. En viktig del handlar om lastbärare eftersom elektronikprodukter som ska återanvändas behöver hanteras varsamt.

## Textilier

För textilier finns inget välfungerande insamlingssystem idag. Endast 30% av det avfall som genereras samlas in. Potentialen ligger därmed främst i att lyckas samla in större volymer av det som hamnar i soporna eller ligger oanvända hemma. Transportbehovet är därmed kopplat till insamlingen och om att skapa ett system som gör det enkelt för människor att lämna ifrån sig sina textilier. Befintligt system för insamling av hushållsavfall såsom ÅVC, ÅVS, fastighetsnära insamling såväl som befintligt transportsystem av lastmile-transporter och e-handel infrastruktur borde kunna nyttjas för att effektivisera transporter. Textilier är inte speciellt ömtåliga och ställer inga särskilda krav på lastbärare. Däremot kan de inte blandas med annat hushållsavfall. Enligt uppskattningar från Naturvårdsverket (2019) kan ca 50% av det som hamnar i soporna återanvändas eller materialåtervinnas, dvs 37 500 ton. Därtill är det mycket textilier som aldrig samlas in utan ligger hemma oanvända i medborgares garderober och förråd. Lyckades man få in dessa textilier, finns än mer volymer att hämta.

## Personbilar

För personbilar råder producentansvar och enligt EU:s direktiv ska 95% av bilen återvinnas varav 85% ska materialåtervinnas eller återanvändas, vilket Sverige idag uppfyller. I takt med att bilar blir allt mer komplexa och innehåller mer elektronik finns en risk att reservdelsmarknaden minskar. Det är med andra ord svårt att se en potential för en ökad andel återanvändning, snarare kommer andelen återanvändning av reservdelar att minska. Därmed är det viktigt att öka materialåtervinningen av de material som idag energiåtervinns för att leva upp till återvinningsmålen. Dagens system är inte optimerat för att tillvarata knappa metaller, plast och textilier utan är optimerat på att tillvarata metaller. Hur transportbehovet kommer se ut beror på hur man går till väga för att öka materialåtervinningen. Om man siktar på att demonteraren ska ta hand om sortering så kommer transportflöden från demonterare att öka eftersom materialåtervinnare är lokaliserade längre bort än fragmenteringsanläggningar. På samma sätt som för byggmaterial är insamlingen en utmaning eftersom det även i detta fall uppstår relativt små volymer på flera platser. Demonterade delar för materialåtervinning samlas typiskt in i containers så här kan finnas en möjlig potential att nyttja transportsystem av nya varor för att samla in material från demonterare och få upp volym som sedan kan transporteras till materialåtervinnare. Eventuellt finns även möjlighet att nyttja insamlingssystem av andra avfallsfraktioner. Om man siktar på att fragmenteringsanläggningarna ska ta hand om material som idag går till förbränning blir det mest troligen ingen skillnad i transportbehovet från demonterare till fragmenteringsanläggning i jämförelse med dagens system. Det man skulle kunna fundera på är hur enkelt det är att möjliggöra för materialåtervinning hos fragmenteringsföretaget då karossen pressas samman, vilket den typiskt gör hos demonteraren. Sannolikt skulle det uppstå fler och behov av längre transporter från fragmenteringsanläggningar till materialåtervinnare eftersom materialåtervinnare är lokaliserade längre bort än värmeverk.

Det finns för- och nackdelar med att demontera mer för materialåtervinning hos demonteraren kontra att utveckla återvinningsprocesser hos fragmenteringsföretag. Mest troligen kommer lösningen se annorlunda ut för olika bildelar. Exempelvis kan det löna sig att demontera plastdelar som är lätta att ta loss och identifiera och skicka dessa i ett separat flöde medan produkter som tar tid att demontera och/eller består av olika material och är svåra att separera ska följa med karossen till fragmenteringsanläggningen. Återvinningsföretagen menar att om demonterare demonterar allt fler material så måste det också vara beredda på att ta konsekvenserna av detta, exempelvis att betala för att lämna in utplockad kaross till fragmenteringsföretag. Samtidigt kan det finnas en poäng med att demonterare gör mer eftersom teknikutvecklingen gör återvinningen väldigt komplicerad. I sammanhanget poängteras vikten av att producenter tar sitt ansvar gällande design för återvinnig, som ett exempel berättar en branschaktör att tillverkar börjat använda sig allt mer av kompositmaterial istället för plast, vilket ur ett återvinningsperspektiv är förödande.

Plast är ett material som idag i huvudsak går till energiåtervinning och uppskattningar visar att det finns en potential för materialåtervinning på mellan 10 000 till 50 000 ton varje år från personbilar. Ställer man detta i relation till att ca 600 000 bilar står avställda idag så finns det på samma sätt som för textilier anledning att titta över förutsättningar att öka andelen bilar som kommer in i systemet. För detta flöde handlar det om bilar som ska transporteras, vilket sätter en del begränsningar på vilket fordon som kan nyttjas. Gällande transporter finns därtill behov av att

se över insamlings- och återvinningsssystem av litium-jonbatterier eftersom detta är en produkt som kommer öka och för vilken det idag inte finns något fungerande insamlingsystem.

## Realiserbar effektiviseringspotential på nationell nivå

Med utgångspunkt i resonemanget att all överkapacitet eller underutnyttjad kapacitet i vägtransportsystemet för gods sannolikt inte beror på ineffektivitet eller är önskvärt att få bort, ville vi utveckla sätt att skilja på realiserbar effektiviseringspotential från tomtransporter i allmänhet. Tomkörningar som uppkommer till följd av obalanser i den geografiska spridningen av transportefterfrågan är ofrånkomliga och nödvändiga för att säkerställa att transportsystemet fungerar effektivt. Ett sätt att skatta den realiserbara effektiviseringspotentialen är att identifiera systemet effektiviseringspotential genom att skatta andelen tomkörningar som skulle uppstå som en följd av obalanser i efterfrågan, om systemet i övrigt fungerade maximalt effektivt. Ett annat sätt att skatta de realiserbara effektiviseringspotentialen är att identifiera de överbalanser, d.v.s. förekomsten av tomtransporter i båda riktningarna i relationerna i nätverket. Det kan förstås finnas andra skäl till att överbalanser uppstår än ineffektivitet, men även om överbalanser skulle innebära en överskattning av den realiserbara effektiviseringspotentialen, så är den fortfarande en betydligt bättre skattning av den, än endast statistik på tomkörningar. Slutligen ville vi skatta effekterna av överlagring av obalanser på den realiserbara effektiviseringspotentialen.

I brist på nödvändigt empiriskt data, ville vi prova och se om en framkomlig väg var att använda sig av modellresultat från Samgods som underlag för analyser att behandla frågeställningarna ovan. Samgodsmodellen är inte ämnad för den här typen av tillämpning, vilket har skapat ett behov av utveckling och anpassning av beräkningsmetodik och tolkningen av resultaten. Det innebär också att resultaten från dess analyser ska tolkas med stor försiktighet tills dess resultaten kan valideras och kalibreras genom analyser av motsvarande empiriskt data. Inom ramen för systerprojektet USECAP står vi i begrepp att göra detta med hjälp av lastbilsundersökningsdata. Begränsningar i tid och budget har dock inneburit att dessa avgörande kompletterande resultat inte ryms inom ramen för denna rapport.

Det finns ett avgörande problem beträffande bedömningen av validiteten av resultaten från analyserna som baseras på modellresultat från Samgods. Obalanser är ett förhållande som följer den geografiska spridningen av transportefterfrågan d.v.s. att det är en beskrivning av systemets utgångspunkt eller förutsättningar. Överbalanser däremot är ett utfall av systemet som följer hur denna efterfråga tillfredsställs genom utförda transporter. Det betyder att i Samgods modelleras/beräknas obalanser och utförda transporter (som möjliggöra en beräkning av överbalanser) i sekvens. Det beroende som finns mellan dessa två begrepp och är kärnan i vår analys, blir i frånvaro av empiriskt data beträffande hur transporter har utförts, en effekt av hur samgodsmodellen är beskaffad och inte nödvändigtvis en korrekt representation av hur det förhåller sig i det verkliga systemet. I Samgods finns det således en mekanisk koppling mellan två storheter som i realiteten är oberoende av varandra. Det är samgodsmodellen som, utifrån efterfrågemönstret, optimerar utförandet av transporterna. Eftersom syftet med Samgods inte är att skapa underlag för analyser av transporteffektivitet, är modellen inte validerat/kalibrerat med avseende på dessa faktorer.

Att vi närmar oss en skattning av den realiserbara effektiviseringspotentialen från två håll; efterfrågesidan genom beräkningar av obalanser och transportutfallet genom beräkningar av överbalanser, skapar inte den kvalitetssäkrande effekt som hade varit möjligt om data över utförda transporter hade bestått av empiriskt data. Det beror på att Samgods har skattat både

efterfråga och utförande, i sekvens och beroende av varandra med målet att minimera systemets totalkostnad. Den effekten syns tydligast i att utfallet av beräkningar av andelen tomtransporter i aktuella nationella flöden är nästan identisk med den andel tomtransporter som förväntas följa obalanserna i efterfrågan. Samtidigt ser man också i resultaten att överbalanser, d.v.s. tomtransporter i båda riktningar i en relation motsvarar ca tvåtredjedelar av tomtransporterna totalt på nationell nivå. Dessa resultat är inte kompatibla med varandra. Utfallet misstänker vi beror på en effekt som följer två specifika förhållanden i Samgodsmodellen.

Samgodsmodellen utgår ifrån 28 varugrupper som antas inte samutnyttja samma transportresurser. Varugruppernas indelning har inte, annat i vissa specifika fall, någon omedelbar bäring på vilka typer av lastbärare/transportresurser som kan användas för att transportera dessa. Det innebär att stora volymer av gods antas i Samgods att hanteras i separata subsystem som inte delar på samma transportresurser vilket inte är fallet i verkligheten. Detta i sin tur leder till en överskattning av de naturliga obalanserna och därmed omfattningen av tomkörningar som är ofrånkomliga.

Omvänt, i skattningen av tomtransporter, som är underlaget för beräkning av överbalanserna, sker ingen varugrupsindelning vilket innebär en överskattning av överbalanser. Med tanke på att flera av de, sett till volym, största varugrupperna både uppvisar stora flödeskevheter och sannolik hanteras i slutna system i stor utsträckning (timmer, metallprodukter, grus etc.) kan man misstänka att överskattningen av överbalanser sannolikt kan vara större än överskattningen av obalanser som följer av de förenklande antaganden i Samgods som beskrivs ovan.

Resultaten från att beräkningarna av effekterna från överlagring, ger också en fingervisning om omfattningen av överskattningen av obalanser givet grundantagandet i Samgods att olika varugrupper inte delar på samma transportresurser. Den principiella mekanismen som gör överlagring till en tänkbar effektivitetshöjande åtgärd bekräftas i med dessa beräkningar, men det är inte möjligt att dra några säkra slutsatser om hur stor potentialen av en sådan åtgärd är givet att felet i skattningen av obalanser måste antas vara ganska stort. I Samgods nya version, som är planerad att släppas senare i år, är varugrupsindelningen uppdaterad att a) innehålla långt färre kategorier av varugrupper (18) och b) att indelningen är gjord med större hänsyn till godstyper ur ett transportperspektiv. Det är av värde att tillämpa beräkningsmodellen för obalanser på modellresultat från den nya versionen av Samgods. En annan framkomlig väg är att lik i fallet med överlagring, klustra ihop varugrupper som kan antas samutnyttja transportresurser och på så sätt ta fram en mer rättvisande skattning av omfattningen av obalanser i basscenariot.

Slutligen, kan man konstatera att omfattningen av de inomregionala transporterna som är exkluderade ur analysen, inte är försumbart. Knappt 20% av transporter mätt som transportarbete (TonKm) och drygt 50% mätt i ton sker inom länen. Valet av län som geografisk indelning baserades i stor utsträckning på kvalitet och beskaffenhet av modellresultat från Samgods. I vidareutvecklingen av modellerna ovan, bör man också undersöka om inte en högre geografisk upplösning är möjlig att uppnå.



## Nästa steg

Från ett transportperspektiv kan man konstatera att det transportbehov som uppstår är starkt kopplat till vilka steg i avfallstrappan som materialet/produkterna förväntas ta. När det handlar om att öka materialåtervinningen så påverkas: 1) Transporter från avfallsgenererare till förbehandlingsanläggning. 2) Transporter från förbehandlingsanläggning och vidare i förädlingsprocessen. Transporter från avfallsgenererare till förbehandlingsanläggning är typiskt av karaktären lokala eller regionala transporter medan transporter från förbehandlingsanläggning till materialåtervinnare avser långväga transporter. För att effektivisera transporter mellan avfallsgenererare och förbehandlingsanläggning är det intressant att se över hur man kan nyttja redan existerande transporter av nya varor eller avfall i nära anslutning till avfallsgenereraren. Materialet är här inte särskilt ömtåligt och det handlar ofta om containerlast. För att effektivisera transporter från förbehandlingsanläggning till materialåtervinnare handlar det mer om att se över hur man kan nyttja existerande transportsystem av nya varor i termer av långväga transporter och fjärrtransporter.

När det handlar om att öka återanvändning så påverkas transporter från avfallsgenererare, eventuellt via en insamlingsplats där material sorteras/diagnostiseras/repareras och vidare till någon som återanvänder produkterna. I de bästa av världar betyder återanvändning att transportbehovet minskar. Detta är fallet då material kan återanvändas direkt på plats eller i nära anslutning till avfallsgenereraren. Men i många fall kommer produkter och material återanvändas långt bort från avfallsgenereraren, kanske till och med utomlands. I dessa fall kan man se samordningspotential med e-handelsflöden såsom utlämningsplatser och last-mile transporter för att samla in produkter till insamlingsplats. För transporter från insamlingsplats till plats där produkten ska återanvändas handlar det mer om att nyttja existerande transportsystem av nya varor på samma sätt som för materialåtervinning. En stor skillnad med återanvändning i jämförelse med materialåtervinning är dock att produkter är mer ömtåliga. De produkter som ska transporteras är av typen enhetslast.

Intressant att notera är att potentialen för materialåtervinning bedöms störst för byggmaterial och personbilar men av helt olika orsaker. För byggmaterial handlar det om att branschen inte kommit särskilt långt gällande cirkulär ekonomi och att det helt enkelt är lättast att lyfta sig från energiåtervinning till materialåtervinning innan man tar nästa steg. För personbilar handlar det snarare om en trend där bilar blir allt mer komplexa, vilket försvårare för återanvändning av reservdelar. Detta i en bransch där återanvändning varit en central del. Med stor sannolikhet flyttar man sig med andra ord ner i avfallstrappan inom personbilar. För elektronikprodukter finns potential att ta nästa steg i avfallstrappan och öka återanvändningen. Både för textilier och personbilar noteras att en hel del aldrig kommer in i systemet och att det därmed finns stort behov av att öka insamlingsgraden. En ökad insamlingsgrad är sammankopplat med insamlingsplatser och att skapa incitament för medborgare att göra rätt och enkelt kunna lämna ifrån sig uttjänta och begagnade produkter och material.

Kopplat till transporter är det i ett nästa steg intressant att undersöka trade-offer mellan källsortering och logistikeffektivitet för olika material och produkter. När lönar det sig att centralisera sortering och när är det mer effektivt att källsortera? Intressant är också att kartlägga flöden av olika material som idag inte materialåtervinns och identifiera potentiella materialåtervinnare och transporter som kan ta detta material på väg tillbaka. Vidare skulle man med fördel vilja se över möjligheter att nyttja existerande transportsystem (last-mile och

infrastruktur) för mer effektiv insamling och återanvändning. Produkter/material av särskilt intresse torde vara textilier, litium-jonbatterier, plaster och bilreservdelar för återtillverkning.

Resultaten från beräkningar och analyser baserad på modellresultat från Samgods visar att dessa, i befintligt skick och utan vidare, inte är direkt tillämpliga för det aktuella ändamålet. Resultaten är lovande trots detta, eftersom flera tänkbara framkomliga vägar att kunna få till meningsfulla analysresultat går att identifiera. Det finns möjligheter att komplettera och kalibrera modellresultaten från Samgods med empiriskt data. Det skulle öppna möjligheter att genomföra analyser om transporteffektivitet som idag inte är möjliga att genomföra på befintlig empirisk statistik eller modellresultat från Samgods i isolation. Till saken hör att Samgods nya version är planerad att lanseras senare i år. Resultat från den nya versionen förväntas lämpas sig bättre för vissa av dessa beräkningar är i den nuvarande versionen. Beräkningsmodellerna som presenteras skulle kunna tillämpas på andra delar av godstransportsystemet än inrikes lastbilstransporter, där empiriskt data är mer tillgängligt som multimodala, internationella transportkedjor.

## Nyttiggörande

Vi har lagt stort fokus på att kommunicera resultat och skapa engagemang för projektet. Bland annat har vi genomfört fyra produktområdesspecifika workshoppar med relevanta aktörer. På dessa workshops har vi presenterat nationell statistik, återvinningsmål och tankar på hur transportefterfrågan kan förändras med en ökad cirkulär ekonomi. Tillsammans med branschaktörer har vi diskuterat trender och på vilket sätt transportefterfrågan kan komma att påverka transportsystemet och möjligheter att nyttja den potentiella överkapaciteten i existerande transportsystem. En mätbar effekt av detta arbete är att forskargruppen tillsammans med de branschaktörer som deltog på workshoppen för textilier bestämde sig för att gemensamt gå in med en ansökan till Re:Source utlysning "Utveckla lösningar för cirkulära produkt- och varuflöden" den 17 september. Syftet med detta tilltänkta innovationsprojekt är att skapa förutsättningar för att utveckla ett insamlingssystem för textilier som premierar hållbar konsumtion, stimulerar nytt företagande och nya jobb inom Sverige och som grundar sig på en effektiv logistik och energieffektiva transporter. De diskussioner som följde av workshoppen för byggmaterial har varit värdefulla i det pågående SBUF-projektet "Effektiva materialflöden hos installatörer via samordnat informationsflöde (EMIS)" som projektleds av Linköpingsuniversitet och där VTI är en av forskarkraktererna. Det finns även tankar på att gemensamt med en del av de aktörer som deltagit inom produktområdet byggmaterial utveckla ett projekt som angriper problematiken kring masshantering och då med fokus på logistik och transport.

Under projekttiden har vi haft en nära samverkan med det pågående STEM-finansierade projektet "Utnyttja befintlig överkapacitet i transportsystem för ökad energieffektivitet (USECAP)" där detta projekt vi bygger vidare på en del av de resultat som genererats i USECAP såsom hur stor överkapaciteten är och vilka flöden som lämpar sig för överlagring. Resultat från detta projekt haft även presenterats på en workshop inom USECAP.

Ambitionen med förstudien var att ta fram en huvudstudie avseende cirkulär ekonomi och cirkulära flöden. Under projektets gång har det visat sig att transportbehovet som följer av en cirkulär ekonomi i första hand innefattar lokala och regionala transporter. Detta gör att de frågeställningar som är intressanta att titta på är bransch- och kommun/regionspecifika. Exempelvis för byggmaterial rör det sig om att hitta lösningar för att samordna transporter av byggvaror med avfallsflöden samt att undersöka var sortering ska äga rum för att möjliggöra transporteffektivitet och en hög andel materialåtervinning. För textilier handlar det istället om att skapa sig en förståelse för medborgares incitament och önskemål och utforma ett system som gör det lätt att lämna ifrån sig sina gamla, omoderna och slitna kläder. Intressant i detta sammanhang är att undersöka vilka volymer som krävs för att sortering ska kunna äga rum i Sverige då ca 40% idag sorteras utomlands och ca 70% av alla svenska kläder exporteras. Mer detaljerad kunskap kring transportflöden av nya produkter samt infrastruktur på lokal, regionalnivå är med andra ord av stort intresse men kanske inte riktigt lämpar sig inom Triple-F programmet där fokus framförallt är på lite större volymer och långväga transporter. Egentligen är det endast för material som inte kan materialåtervinnas inom Sveriges gränser som behovet av långväga transporter ökar, exempelvis plast och dessa volymer är inte särskilt stora i sammanhanget. Vi har därför inte gått vidare med att formulera en huvudstudie inom Triple F i detta läge. Däremot har vi som tidigare påpekat tagit resultat vidare för en ansökan om ett innovationsprojekt för textilier och det finns tankar om att göra något liknande för schaktmassor inom bygg- och anläggningsbranschen.

En tanke som uppkommit i diskussioner med branschaktörer när man talat cirkulär ekonomi och långväga transporter är hur man skulle kunna nyttja befintlig överkapacitet i existerande transportsystem för det avfall som importeras till Sverige för att energiåtervinnas här. Importen av avfall till Sverige ökar i takt med att svenskar blir allt duktigare på att sortera och återvinna eftersom Sveriges avfall inte längre räcker till för att elda med i många svenska kraftvärmeverk. Det importerade avfallet kommer främst från Norge och Storbritannien. Ökad kunskap krävs kring hur detta avfall transporteras idag och vad det finns för möjligheter att nyttja existerande transportsystem och olika trafikslag (exempelvis sjöfart) för att effektivisera transporterna av detta flöde.

## Bidrag till Triple F

Avfossiliseringen av transportsystemet är beroende av två batterier av åtgärder; a) att öka energieffektiviteten av transportsystemet och b) att ställa om till fossilfria drivmedel. Effektiviseringsåtgärder är viktiga av flera skäl. Energieffektivitetsåtgärder går att genomföra relativt omgående med befintliga tekniker och kräver inte åtgärder på hela systemet samtidigt. Att minska energianvändningen är en nödvändig möjliggörare för omställning till fossilfria drivmedel då mängden energi som behövs i systemet är för närvarande gränssättande för omställningen. Frågan som förstudien angriper är också relevant för de transportpolitiska målen i övrigt. Ökad resurseffektivitet bidrar till uppfyllandet av hänsyns- och tillgänglighetsmålet samtidigt. Ett ytterligare, indirekt bidrag till hållbarheten följer av att den effektivisering av cirkulära och återvinningstransporter ökar hållbarheten i produktion och konsumtionsledet.

I denna förstudie är flera intressanta, forskningsbara frågeställningar, som berör transporteffektivitet som möjliggörare för cirkulär ekonomi, identifierade. De branscher som förstudien har fokuserat på har i en inledande analys valts ut baserad på respektive branschs potential för effektiv tillämpning av cirkularitet som en avgörande hållbarhetsåtgärd. Problemställningar skiljer sig delvis åt branscherna i mellan. Branschspecifika frågor menas effektiva insamlings- och distributionssystem (textilier och el produkter) till samordning av behov och efterfråga för reduktion av transportbehovet (bygg) och distributionssystemdesign som en del av en större struktumvandling (fordon). Det finns också frågor som berör samtliga branscher som hur behovet av ökat antal fraktioner i återvinningsflöden ska kunna tillgodoses med bibehållen, eller helt förbättrad, transport- och hanteringseffektivitet.

Analyserna för att kvantifiera den realiserbara effektivitetspotentialen som finns i den befintliga överkapaciteten är fortsatt viktiga. Förstudien visar på både svårigheter att åstadkomma detta med ändamålsenlig precision men samtidigt påvisas också möjliga, framkomliga vägar framåt. För TripleF:s möjligheter att kunna prioritera och utvärdera olika effektiviseringsåtgärder är det helt avgörande att utveckla analysverktyg, enligt den ansats som företagits i detta förstudie.

## Referenser

- Avfall sverige (2017). "Hushållsavfall i siffror, Kommun- och länsstatistik 2016", [https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user\\_upload/Publikationer/2017-26\\_Statistikrapport.pdf](https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/2017-26_Statistikrapport.pdf)
- Berendsen (2018). "Nytt liv åt gamla arbetskläder". Från Berendsens hemsida. <https://www.berendsen.se/var-kunskap/nyheter/se/cheap-monday/>
- BIL Sweden (2018). Återvinningsrapport 2017 för uttjänta bilar – rapport till Naturvårdsverket.
- EI-kretsen (2018). "Mot slutna kretslopp". Hållbarhetsredovisning. [https://www.ei-kretsen.se/sites/ei-kretsen\\_se/files/media/Dokument/H%C3%A5llbarhetsrapport\\_sve\\_final.pdf?953](https://www.ei-kretsen.se/sites/ei-kretsen_se/files/media/Dokument/H%C3%A5llbarhetsrapport_sve_final.pdf?953)
- F/ACT (2019). Från F/ACT hemsida. <https://www.factmovement.se/f-act-movement>
- Förordning om producentansvar för elutrusning, SFS 2014:1075. <http://www.notisum.se/rnp/sls/sfs/20141075.pdf>
- Hållbarhetsguiden (2018) <http://www.svid.se/sv/Hallbarhetsguiden/Process/Metoder/Cirkular-ekonomi>
- Lumsden, K. (1995). Economy of Transportation Systems. Lund, Studentlitteratur.
- Kalantari, J. (2012). Foliated Transportation Networks - Evaluating feasibility and potential. Technology Management and Economics. Gothenburg, Sweden, Chalmers Univeristy of Technology. PhD.
- Karlstadsenergi (2017). "Succé för insamling av textilier". Från Karlstadsenergi hemsida. <https://www.karlstadsenergi.se/nyheter/succe-for-insamling-av-textilier/>
- Kjellsdotter Ivert, L, Raadal, H, Fråne, A, Ljungkvist H. (2015). "The role of the WEEE collection and recycling system setup on environmental, economic and socio-economic performance". IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapportnummer B2243.
- Poon CS, Yu ATW, Ng LH. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. Resources. *Conserv Recyc* 2001;32(2):157–72.
- Manjunath, C och Umrigar, F. (2017). Improving the recycling rate of construction and demoliation waste in Sweden – a reverse logistics perspective, Master Thesis, Chalmers.
- Myrorna (2018). "Myrornas hållbarhetsrapport 2017". <https://www.myrorna.se/wp-content/uploads/hallbarhetsrapport-2017.pdf>
- Naturvårdsverket (2017), Excelfil. "2017-09-18 WEEEstatistik 2008-2016.

Naturvårdsverket (2018). "Cirkulär ekonomi". <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/EUs-miljoarbete/Cirkular-ekonomi/>

Naturvårdsverket (2018). "Ökad plaståtervinning – potential för utvalda produktgrupper". Rapport 6844.

Naturvårdsverket (2019). "Textilavfall och cirkulära textilflöden". Från hemsidan. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Textilavfall/>

Re:newcell (2019). Från Re:newcells hemsida. <https://renewcell.com/about-us/>

SMED på uppdrag av Naturvårdsverket (2018). "Avfall i Sverige 2016". Rapport 6839. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6839-4.pdf?pid=22595>

SMED på uppdrag av Naturvårdsverket (2018). "Svenska textilflöden- textilflöden från välgörenhet och utvalda verksamheter". Rapport nummer 2. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1241255/FULLTEXT01.pdf>

Sveriges Byggindustrier (2017) "Resurs och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning". <https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/Userfiles/Info/860/Resurs-och-avfallshantering-vid-byggande-och-rivning.pdf>

Sveriges Byggindustrier (2018). "Anläggningsmassor och klimatpåverkan". <https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/Userfiles/Info/1198/Anlaggningsmassor-och-klimatpaverkan.pdf>

Shen, L. Y., Tam, W. Y. V., Tam, C. M., and Drew, D. (2004), "Mapping Approach for Examining Waste Management on Construction Sites", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130(August), 472–481.

Trafikanalys (2016). "Godstransportflöden- Analys av statistikunderlag Sverige 2012-2014", Rapport 2016:9. [https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2016/rapport-2016\\_9-godstransportfloden---analys-av-statistikunderlag-sverige-2012-2014.pdf](https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2016/rapport-2016_9-godstransportfloden---analys-av-statistikunderlag-sverige-2012-2014.pdf)

Trafikanalys (2016). "Godstransporter- en omvärldsanalys". Rapport 2016:6. <https://www.trafa.se/globalassets/pm/2016/godstransporter---en-omvarldsanalys.pdf>

Trafikverket (2014). "Prognos för godstransporter 2030 – Trafikverkets basprognos 2014". [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10800/RelatedFiles/2014\\_066\\_Prognos\\_for\\_godstransporter\\_2030\\_trafikverkets\\_basprognos\\_2014.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10800/RelatedFiles/2014_066_Prognos_for_godstransporter_2030_trafikverkets_basprognos_2014.pdf)

Trafikverket (2018). "Trender i transportsystemet, trafikverkets omvärldsanalys 2018". [https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/51419/Ineko.Product.RelatedFiles/2018\\_180\\_trender\\_i\\_transportsystemet\\_trafikverkets\\_omvarldsanalys\\_2018.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/51419/Ineko.Product.RelatedFiles/2018_180_trender_i_transportsystemet_trafikverkets_omvarldsanalys_2018.pdf)

Trafikverket (2010).” Handelsplats för jord- och schaktmassor- nuläge, marknad och affärsplan”.  
[https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10689/RelatedFiles/2011\\_046\\_handelsplats\\_for\\_jord\\_och\\_schaktmassor.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10689/RelatedFiles/2011_046_handelsplats_for_jord_och_schaktmassor.pdf)



## Appendix A

Län/kommun	Jordmassor	Mineralavfall	Muddermassor	Metaller	Trä	Glas	Plast	Papper	Hushållsavfall	Kasserad utr.	Övrigt	Totalt
Blekinge	99 560	47 360	27 380	3 684,2	8 600	127,2	1 252	49,8	446	24	94	188 577
Dalarna	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Gävleborg	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Halland	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Jämtland	49 780	23 680	13 690	1 842,1	4 300	63,6	626	24,9	223	12	47	94 289
Jönköping	199 120	94 720	54 760	7 368,4	17 200	254,4	2 504	99,6	892	47	189	377 154
Kalmar	99 560	47 360	27 380	3 684,2	8 600	127,2	1 252	49,8	446	24	94	188 577
Kronoberg	99 560	47 360	27 380	3 684,2	8 600	127,2	1 252	49,8	446	24	94	188 577
Norrbottnen	99 560	47 360	27 380	3 684,2	8 600	127,2	1 252	49,8	446	24	94	188 577
Skåne	647 140	307 840	177 970	23 947,3	55 900	826,8	8 138	323,7	2 899	153	614	1 225 752
Stockholm	1 144 940	544 640	314 870	42 368,3	98 900	1462,8	14 398	572,7	5 129	271	1 086	2 168 638
Södermanland	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Uppsala	199 120	94 720	54 760	7 368,4	17 200	254,4	2 504	99,6	892	47	189	377 154
Värmland	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Västerbotten	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Västernorrland	99 560	47 360	27 380	3 684,2	8 600	127,2	1 252	49,8	446	24	94	188 577
Västmanland	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Väst. Götaland	846 260	402 560	232 730	31 315,7	73 100	1081,2	10 642	423,3	3 791	201	802	1 602 906
Örebro	149 340	71 040	41 070	5 526,3	12 900	190,8	1 878	74,7	669	35	142	282 866
Östergötland	248 900	118 400	68 450	9 210,5	21 500	318	3 130	124,5	1 115	59	236	471 443
<b>Total</b>	<b>4 978 000</b>	<b>2 368 000</b>	<b>1 369 000</b>	<b>184 210</b>	<b>430 000</b>	<b>6360</b>	<b>62 600</b>	<b>2490</b>	<b>22 300</b>	<b>1180</b>	<b>4720</b>	<b>9 428 860</b>

**Tabell 1: Byggmateriäl.** Övrigt inkluderar animaliskt och blandat avfall, annat mineralavfall, vegetabiliskt avfall, vanligt slam, gummiavfall och kemiska rester. Statistikdatabasen SCB (2016).

	Diverse elektronik	Kylskåp och frysar	Vit-varor	Batt-erier	Lampor	Professionell elektronik	Totalt
Blekinge	1 017	383	480	53	39	3	1 974
Dalarna	2 178	886	1 355	87	75	20	4 601
Gävleborg	2 148	847	1 325	77	74	29	4 499
Halland	2 402	820	1 260	92	72	17	4 663
Jämtland	1 229	457	726	41	33	22	2 509
Jönköping	2 474	877	1 285	111	105	18	4 871
Kalmar	1 985	718	1 145	103	72	29	4 053
Kronoberg	1 227	466	785	64	60	13	2 615
Norrbottnen	1 959	970	1 122	84	78	9	4 223
Skåne	8 521	2 554	4 168	319	286	104	15 953
Stockholm	11 410	3 416	5 413	479	450	241	21 409
Södermanland	2 014	804	1 223	72	55	53	4 221
Uppsala	2 175	824	1 193	95	67	46	4 399
Värmland	2 074	768	1 049	86	63	8	4 049
Västerbotten	2 076	993	1 184	88	80	23	4 444
Västernorrland	2 006	747	859	89	53	38	3 792
Västmanland	2 018	755	984	67	53	40	3 917
Västra Götaland	8 849	3 737	5 092	395	424	75	18 573
Örebro	2 092	717	1 158	98	118	12	4 195
Östergötland	2 905	1 140	1 773	132	106	53	6 110
Direkt återvinningsstationer	15 483	2 281	219	509	40	1 578	20 109
<b>Totalt</b>	<b>78 730</b>	<b>25 363</b>	<b>34 113</b>	<b>3 170</b>	<b>2 414</b>	<b>2 438</b>	<b>146 228</b>

Tabell 2: Elektronikavfall (EI-kretsens hållbarhetsrapport, 2018)

Län	Insamling välgörenhetsorganisationer	Osorterat hushållsavfall
Blekinge	598	1 171
Dalarna	1 075	2 105
Gävleborg	1 073	2 101
Halland	1 233	2 415
Jämtland	488	955
Jönköping	1 351	2 645
Kalmar	916	1 794
Kronoberg	748	1 465
Norrbottn	938	1 836
Skåne	5 100	9 986
Stockholm	8 776	17 185
Södermanland	1 103	2 160
Uppsala	1 409	2 759
Värmland	1 054	2 064
Västerbotten	1 011	1 981
Västernorrland	919	1 799
Västmanland	1 026	2 008
Västra Götaland	6 401	12 535
Örebro	1 132	2 216
Östergötland	1 728	3 384
<b>Totalt</b>	<b>38 300</b>	<b>75 000</b>

Tabell 3: Textilavfall baserad på Tabell 1 och befolkningsstatistiken

Län	Avfall (antal skrotintyg)	Antal demonterare
Blekinge	3 026	7
Dalarna	7 420	12
Gävleborg	5 218	9
Halland	5 422	9
Jämtland	3 259	5
Jönköping	8 052	15
Kalmar	6 913	14
Kronoberg	4 588	8
Norrbottn	3 875	5
Skåne	25 290	48
Stockholm	13 285	11
Södermanland	12 843	12
Uppsala	9 036	11
Värmland	4 602	19
Västerbotten	6 191	6
Västernorrland	5 659	7
Västmanland	9 400	13
Västra Götaland	39 536	48
Örebro	6 500	8
Östergötland	8 034	16
Totalt	186 199	286

**Tabell 4: Skrotade bilar. Antal skrotintyg och antal demonterare per län. Baserat på statistik från Bilretur.**