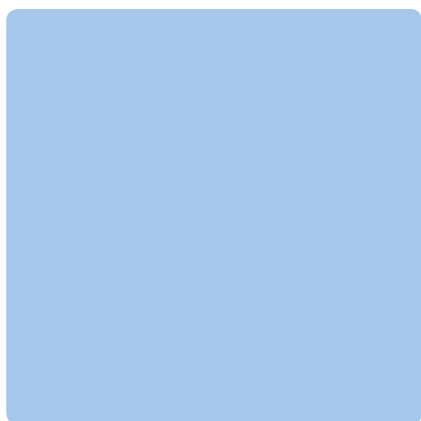
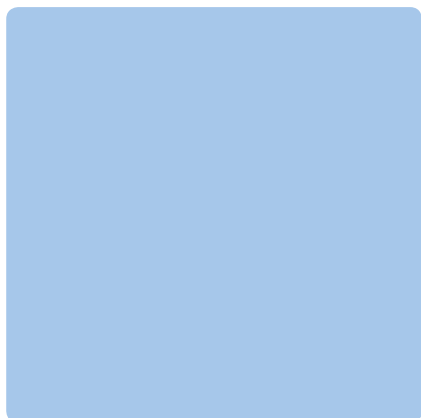


# Digitalisering och miljömålen

NICOLAS FRANCAERT OCH MATTIAS HÖJER

RAPPORT 6868 • JANUARI 2019



# Digitalisering och miljömålen

Nicolas Francart och Mattias Höjer,  
Kungliga Tekniska Högskolan,  
Institutionen för hållbar utveckling,  
miljövetenskap och teknik (SEED)

**Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: [www.naturvardsverket.se/publikationer](http://www.naturvardsverket.se/publikationer)

**Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00, fax: 010-698 16 00

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

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 978-91-620-6868-4

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2019

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2019



## Förord

Naturvårdsverket gör löpande utvärderingar av miljöarbetet i syfte att bedöma hur olika insatser i samhället bidrar till att de nationella miljömålen kan nås. Den här kunskapsöversikten och analysen över hur digitaliseringen kan bidra till miljömålen, eller motverka dem, är ett av många underlag för den fördjupade utvärdering av miljömålen som Naturvårdsverket lämnar till regeringen i januari 2019. Arbetet har finansierats av Naturvårdsverket, som lagt ut uppdraget på Nicolas Francart och Mattias Höjer, Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik (SEED). Rapporten bygger delvis vidare på slutsatserna från rapporten ”Digitalisering och hållbar konsumtion”, Naturvårdsverket rapport 6675. Författarna svarar själva för innehållet och slutsatserna i rapporten.

Stockholm januari 2019  
Lisa Eriksson  
Chef för utvärderingsenheten



# Innehåll

<b>FÖRORD</b>		3
<b>SAMMANFATTNING</b>		7
<b>SUMMARY</b>		8
<b>1</b>	<b>BAKGRUND</b>	9
1.1	Problemets omfattning	9
1.2	Kontext	10
1.2.1	Digitalt Först	10
1.2.2	Tidigare rapporten	10
1.3	Nuvarande rapportens innehåll	11
1.3.1	Rapportens struktur	12
<b>2</b>	<b>DIGITALISERING</b>	13
2.1	Produktion	13
2.1.1	Bättre design	13
2.1.2	Automatiserad produktion och effektivisering	14
2.1.3	Bättre datainsamling och kommunikation i försörjningskedjan	17
2.2	Energisystem	19
2.2.1	Hemautomatisering	19
2.2.2	Spillvärme från servrar	19
2.2.3	Smarta elnät och lokal elproduktion	20
2.3	Transport	22
2.3.1	Optimera transport	22
2.3.2	Dela fordon	23
2.3.3	Självkörande fordon	25
2.3.4	Rekyleffekten	27
2.4	Konsumtion	27
2.4.1	Nudging	27
2.4.2	Delade ytor och apparater	31
2.4.3	Strukturella förändringar	34
<b>3</b>	<b>POLICY</b>	36
3.1	Policyprinciper	36
3.1.1	IKT är ett verktyg för att nå ambitiösa mål	36
3.1.2	Kollaborativa, juridiska och organisatoriska ramverk behövs	36
3.1.3	Rekyleffekten måste hanteras	38
3.1.4	Beteendeåtgärder kan vara relevanta, men de skapar nya problem	40

3.2	Gods	41
3.2.1	Miljövänligare produktion av varor	42
3.2.2	Minskad konsumtion av varor	44
3.2.3	Effektivare försörjningskedja	46
3.3	Resande	47
3.3.1	Tillgång till fordon och transporttjänster.	47
3.3.2	Effektivare drift	50
3.3.3	Ersätta resor	51
3.4	Boende	52
3.4.1	Design- och byggteknik	52
3.4.2	Driftenergianvändning och -försörjning	54
3.4.3	Effektivare ytanvändning	56
3.5	Livsmedel	57
3.5.1	Matproduktion	57
3.5.2	Matleverans	58
3.5.3	Livsmedelskonsumtion	59
<b>4</b>	<b>SLUTSATSER</b>	61
4.1	Beslutsfattaress roll	61
4.2	Polycypaket	62

## Sammanfattning

IKT, informations- och kommunikationsteknik, kan ha en mycket positiv effekt på miljömålen eller en negativ effekt. Det beror främst på sammanhanget där dessa teknologier utvecklas. Därför bör användningen av IKT inte betraktas som ett mål i sig, utan som ett verktyg för att nå miljömål. Med andra ord bör utvecklingen av IKT vara målinriktad, och miljömålen bör styra beslut om IKT- och policyåtgärder.

Rapporten innehåller en lista över IKT-åtgärder som tillämpas på produktionskedet (för gods, mat och byggnader), åtgärder relaterade till energisystem, åtgärder relaterade till transport och till sist presenteras åtgärder som handlar om konsumtion. Potential för åtgärderna att väsentligt påverka uppfyllandet av miljömålen diskuteras. I rapporten lämnas förslag till hur policypaket kan utarbetas för att IKT ska bidra till miljömålen.



## Summary

ICT (information and communication technologies) have the potential to impact environmental targets in a very positive or a negative manner. This depends mostly on the context in which these technologies develop and are implemented. Therefore, the use of ICT should not be considered as an end in itself, but rather as a possible tool for achieving environmental goals. In other words, the development of ICT should be goal-oriented, and the environmental objectives should guide decisions about ICT and policy measures.

The report includes a list of ICT measures related to production (of goods, food and buildings), to the energy system and to consumption. The potential of these measures to significantly affect the fulfillment of environmental goals is discussed. Finally, the report includes proposals on how policy packages could be prepared so that ICT can contribute to the environmental goals.

# 1 Bakgrund

## 1.1 Problemets omfattning

Sveriges miljöpolitik är baserad på ett huvudmål, Generationsmålet, som syftar till att ”till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.”. Generationsmålet är uppdelat i 16 miljö kvalitetsmål med relevanta indikatorer (Tabell 1). Årets uppföljning visade dock att bara ett mål kommer att nås om vi fortsätter med nuvarande åtgärder, och ett mål kommer att nås delvis<sup>1</sup>. Dessutom visar IPCCs senaste rapport ”Global Warming of 1.5°C”<sup>2</sup> att det kommer kräva ytterst ambitiösa förändringar för att nå klimatmålet. Generationsmålet kräver därför mycket ambitiösa åtgärder.

**Tabell 1. Sveriges miljömål och deras uppföljning år 2018.**

Mål	Kommer målet att nås till 2020?	Blir läget bättre eller sämre?
Begränsad klimatpåverkan	NEJ	SÄMRE
Frisk luft	NEJ	BÄTTRE
Bara naturlig försurning	NEJ	BÄTTRE
Giftfri miljö	NEJ	LIKA BRA
Skyddande ozonskikt	JA	LIKA BRA
Säker strålmiljö	DELVIS	LIKA BRA
Ingen övergödning	NEJ	LIKA BRA
Levande sjöar och vattendrag	NEJ	LIKA BRA
Grundvatten av god kvalitet	NEJ	LIKA BRA
Hav i balans samt levande kust och skärgård	NEJ	LIKA BRA
Myllrande våtmarker	NEJ	SÄMRE
Levande skogar	NEJ	LIKA BRA
Ett rikt odlingslandskap	NEJ	SÄMRE
Storslagen fjällmiljö	NEJ	SÄMRE
God bebyggd miljö	NEJ	LIKA BRA
Ett rikt växt- och djurliv	NEJ	SÄMRE

IKT, informations- och kommunikationsteknik, kan betraktas som ett möjligt verktyg för att nå miljömålen<sup>3</sup>. IKT är sällan lösningen till miljöproblem, men teknik kan möjliggöra innovativa lösningar. Digitalisering<sup>4</sup> är inte ett mål i sig, utan är ett koncept som innehåller många olika verktyg, vars påverkan beror på det politiska och kulturella sammanhanget. Det är därför mycket svårt att uppskatta kvantitativt hur digitalisering kan påverka miljöindikatorer. Sådana

<sup>1</sup> <http://sverigesmiljomal.se/arlign-uppfoljning-2018/>

<sup>2</sup> <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

<sup>3</sup> Digitaliseringskommissionen. (2016). *För digitalisering i tiden*.

<sup>4</sup> I denna rapport används huvudsakligen beteckningen ”IKT” när vi diskuterar den digitala tekniken och vad den kan innebära för samhället och miljömålen. Emellanåt används även ”digitalisering”.

kvantitativa metastudier är osäkra, men vissa studier pekar på att IKT skulle kunna minska växthusgasutsläppen med 15–20%<sup>5</sup>. Dessa studier överväger dock inte negativ påverkan från IKT eller så kallade rekyleffekter, exempelvis när energieffektiviseringsåtgärder leder till ökad konsumtion eftersom det blir billigare att använda energieffektiva produkter. Å andra sidan är IKTs potential stor när det gäller mer övergripande samhällsförändringar eller framtida stora projekt. Flera stora IKT företag har lanserat miljörelaterade projekt, såsom Microsofts ”AI for Earth”<sup>6</sup> (fokuserad för närvarande på jordbruk och miljödata för bevarande) och IBMs ”Smarter Planet”<sup>7</sup> (fokuserad på elnät, byggnader, vägar, etc, inklusive både miljö- och ekonomiska problem).

## 1.2 Kontext

### 1.2.1 Digitalt Först

Den svenska regeringen har initierat ett ambitiöst projekt som kallas Digitalt Först, som syftar till att göra offentliga förvaltningar mer effektiva, enkla och öppna genom digitalisering. Förvaltningar och lokala och regionala myndigheter bör se till att nya digitala lösningar gynnar människor och företag och att de främjar öppenhet och effektivitet i offentliga förvaltningar. Naturvårdsverket har i detta sammanhang fått till uppgift att förbättra både mängden och kvaliteten på miljöinformation, och att göra den lättillgänglig. Naturvårdsverket ska identifiera prioriteringar för användningen av IKT för miljöinformation samt möjligheter att samarbeta med andra privata och offentliga aktörer. Standarder för digitalt samarbete och kommunikation mellan aktörer ska då utvecklas och potentiella juridiska, ekonomiska och organisatoriska problem och möjligheter ska belysas. Potentialen att använda öppna data för att lösa miljöproblem ska utnyttjas och innovativa lösningar ska främjas. Andra offentliga förvaltningar har fått liknande uppgifter som exempelvis syftar till att öka tillväxt inom livsmedelssektorn genom digitalisering eller att göra planerings- och byggprocesser mer effektiva, öppna och transparenta.

### 1.2.2 Tidigare rapporten

Detta arbete bygger på slutsatserna i rapporten ”Digitalisering och hållbar konsumtion” (Naturvårdsverket rapport #6675, 2015). Den tidigare rapporten pekade på att både Sverige och EU har mål och agenda relaterade till

---

<sup>5</sup> Añón Higón, D., Gholami, R., & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. *Telematics and Informatics*, 34(4), 85–95. <http://doi.org/10.1016/J.TELE.2017.01.001>  
Malmodin, J., & Bergmark, P. (2015). Exploring the effect of ICT solutions on GHG emissions in 2030. *Third International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2015)*, (EnvirolInfo), 37–46. <http://doi.org/10.2991/ict4s-env-15.2015.5>. Malmodin, J., Bergmark, P., Lövehagen, N., Ercan, M., & Bondesson, A. (2014). Considerations for macro-level studies of ICT’s enabling potential. *2nd International Conference on ICT for Sustainability 2014, (ICT4S)*, 179–188.

<sup>6</sup> <https://www.microsoft.com/en-us/aiforearth>

<sup>7</sup> <https://www.ibm.com/smarterplanet>

framtida användning av IKT, men att dessa inte inkluderar miljömål. IKT utvecklas därför utan att ha som designmål att lösa miljöproblem. Därefter analyserades hur IKT kan bidra till en övergång till hållbar konsumtion. Huvudresultatet var en lista över dagliga aktiviteter där det finns möjlighet för IKT att avsevärt minska miljöpåverkan, samt relevanta IKT-åtgärder, deras potentiella effekter och risker, nyckelaktörer och policyförslag.

De aktiviteter som ingick i rapporten handlade om områden inom privat konsumtion som både har en betydande miljöpåverkan och för vilka intressanta IKT-lösningar existerar eller kan utvecklas inom en snar framtid:

- Bostäder, begränsad till uppvärmning och elanvändning.
- Konsumtion av varor, begränsad till kläder och IKT-apparater.
- Livsmedel, begränsad till matavfall och kostvanor.
- Resor, begränsad till pendling på landet.

Det finns många sätt som IKT kan påverka konsumtionsvanor. Den tidigare rapporten klassificerade IKT-åtgärder längs fyra möjliga typer av effekter:

- Ersätta produkter/resor/yttanvändning med en IT-tjänst
- Intensifiera användningen av produkter/ytor/transporter
- Öka effektiviteten hos olika system (minska avfall och energi-användning)
- Informera konsumenterna

Den rapporten nämner även en femte effekt som handlar om mer övergripande och långsiktiga förändringar i samhället, såsom förändringar i vanor, kultur, planering, etc. Men sådana omstrukturerande effekter togs bara med i mindre omfattning i den tidigare rapporten.

### 1.3 Nuvarande rapportens innehåll

Den tidigare rapporten var begränsad till vissa områden av privat konsumtion som ansågs ha stor potential när det gällde att använda IKT för att minska miljöpåverkan. Denna rapport har en bredare ansats. Den försöker lista alla möjliga sätt att använda IKT för att nå miljömålen, och inkluderar område för privat konsumtion som inte var med i den från föregående rapporten (t.ex. hemautomatisering, flygresor och delning av apparater). Förutom konsumtionsrelaterade åtgärder inkluderas också IKT-åtgärder relaterade till produktion och leverans av varor, värme och el.

Denna rapport går också in på en del generella policydiskussioner och försöker ge förslag till beslutsfattare om hur man kan tänka kring IKT och miljömål. Detta kan ses som en fortsättning på den förra rapporten. Diskussionen inkluderar till exempel synergier och konflikter mellan åtgärder, problem som kan uppstå när IKT används storskaligt, vilka IKT-relaterade åtgärder som verkar vara särskilt effektiva och vilka som verkar ha bara låg påverkan, och

hur beslutsfattare och planerare kan styra användningen av IKT för att lösa miljöproblem. När rapporten innehåller diskussioner om hur stor IKTs miljöpåverkan (och särskilt klimatpåverkan) kan vara är dessa baserade på uppskattningar i litteraturen, dvs ingen nya beräkningar har gjorts inom ramen för detta projekt. Det bör noteras att sådana uppskattningar är mycket osäkra och kontextberoende, och används bara för att diskutera relevanta åtgärder.

### 1.3.1 Rapportens struktur

Rapporten innehåller först en lista över IKT-åtgärder som har potential att väsentligt påverka uppfyllandet av miljömålen. IKT-åtgärder sorteras efter likhet: först presenteras alla åtgärder som tillämpas på produktionsskedet (för gods, mat och byggnader), sedan åtgärder relaterade till energisystem, sedan åtgärder relaterade till transport och till sist presenteras åtgärder som handlar om konsumtion. Med andra ord presenteras IKT-åtgärder enligt kolumnerna i figur 1.

	Produktion	Energisystem	Transport	Konsumtion
Gods				
Resande				
Boende				
Mat				

Figur 1. Rapportens struktur – kapitel 2 följer kolumnerna och kapitel 3 följer raderna.

Rapporten går sedan vidare med policyförslag, inklusive de viktigaste aspekterna som politikerna bör ta itu med för att utnyttja IKT:s potential och potentiella policypaket, inklusive åtgärder för att minska miljöpåverkan inom gods, resande, boende och livsmedel. Detta avsnitt är organiserat längs raderna i figur 1.

## 2 Digitalisering

### 2.1 Produktion

#### 2.1.1 Bättre design

##### 2.1.1.1 MODULÄRA PRODUKTER OCH SERVICEEKONOMI

Vitvaror kan utformas på ett modulärt sätt, så att de har delar som enkelt kan ändras och anpassas. Den viktigaste fördelen med ett sådant system är möjligheten att ersätta en del av en produkt istället för att kasta bort hela produkten. Detta gäller särskilt för mobiler, surfplattor och datorer. De flesta mobiler är numera utformade så att det är omöjligt eller mycket svårt att byta ut en viss komponent. När t.ex. batteriet fungerar dåligt slänger man oftast hela mobilen. Ett undantag är företaget Fairphone<sup>8</sup> som utvecklar modulära mobiler där enskilda komponenter enkelt kan köpas och bytas ut. Fairphone fokuserar på miljömässiga och sociala hållbarhetsaspekter genom att säkerställa att leverantörerna begränsar sin miljöpåverkan och behandlar medarbetarna på ett rättvist sätt. Dessutom kan konsumenterna få tillgång till handledning om hur de enkelt kan reparera sin mobil. Ett par andra IT-företag har också utvecklat modulära mobiler. Google och LG gav upp sina projekt när de mötte tekniska problem och stora förluster. Lenovo har lanserat en modulär telefon (Moto Z) tillsammans med reservdelar<sup>9</sup>. Men problemet med dessa projekt är deras brist på fokus på hållbarhet. Fairphone fokuserar på reparerbarhet och integrerar explicit hållbarhetsaspekter i sin produkt och i företagets DNA. Däremot är ett företag som Lenovo främst intresserade av att få konsumenterna att köpa så många moduler som möjligt för att göra vinst. Medan möjligheten att ersätta en underpresterande komponent skulle kunna minska kassering av apparater kan incitamentet att köpa nya onödiga moduler leda till ökad material- och energianvändning. Effekten av modulär design är därför starkt beroende av sammanhanget.

En ytterligare roll för IKT är att möjliggöra en tjänsteekonomi. Detta genom att möjliggöra ett system där företag och kunder betalar leverantörer för tillgång till en produkt istället för att köpa produkten. Till exempel skulle man kunna betala en månadsavgift för att hyra en dator från sin tillverkare, istället för att köpa en dator. När datorn inte fungerar skulle företaget hämta den för att reparera den, och tillhandahålla en liknande modell. Modulära apparater skulle fungera bra i ett sådant system, och det skulle kunna minska incitamentet att köpa nya moduler. Dessutom kan en tjänsteekonomi vara en lösning på planerat åldrande. Företagen har incitament att producera ganska kortlivade apparater, så att kunderna ständigt köper nya. I en tjänsteekonomi skulle företagen istället drivas för att producera robusta apparater, eftersom de skulle bära kostnaderna för att ersätta trasiga produkter. IKT:s roll

---

<sup>8</sup> <https://www.fairphone.com>

<sup>9</sup> <https://www.cnet.com/news/google-lg-lenovo-modular-phones/>

i en tjänsteekonomi är mestadels att möjliggöra en effektiv kommunikation mellan leverantörer och kunder via onlinetjänster. Dessutom kan multiplicering av sensorer och anslutna apparater hjälpa företag att snabbt diagnostisera och lösa kundernas problem. Om datorns hårddisk kraschar kan den till exempel automatiskt meddela företaget så att de ersätter den.

#### 2.1.1.2 MODELLERINGSMJUKVAROR

IKT har länge använts i produktdesign. Modelleringsprogram används för vitvaror, och datorstödd design (DSD) och byggnadsinformationsmodellering<sup>10</sup> (BIM) används av arkitekter. Huvudeffekten här är ökad produktivitet och effektivitet. Modelleringsprogram skulle också kunna integrera indikatorer för miljöpåverkan om detta prioriterades vid utvecklingen av modelleringsprogrammen. Hittills har BIM fokuserat på data relaterad till byggtid, kostnader och hantering av lokaler. Redan dessa användningsområden kan leda till mer effektiv design, minskad material- och energiförbrukning och därmed minskad miljöpåverkan. BIM kan dock även tillhandahålla detaljerade materialinventeringar som möjliggör LCA redan under designskedet. En sammankoppling av dessa materialinventeringar med miljökonsekvensdata skulle kunna ge arkitekter möjlighet att förutse miljöpåverkan av byggnader och identifiera möjligheter att minska den. Dessutom kan modelleringsprogram hjälpa designers med modellering som är nödvändig för hållbar design. Vitvaror måste vara robusta och energieffektiva. Byggnaderna måste ha optimala värme- och ventilationsflöden, samt gott om naturligt ljus. Ventilation och naturligt ljus är särskilt kritiska i passiva hus, som vanligtvis är mycket välisolerade och har små fönster. Här kan BIM hjälpa designers att visualisera luftflöden och naturligt ljus inuti byggnaden.

### 2.1.2 Automatiserad produktion och effektivisering

#### 2.1.2.1 INDUSTRI 4.0

IKT kan påverka hur effektivt varor och mat produceras. Begreppet Industri 4.0, som introducerades i Tyskland 2011 för att beskriva en strategi för tyska industrins framtid, har blivit ett trendigt men tvetydigt koncept som omfattar en rad olika IKT-tillämpningar.

När det gäller tillverkning kan man använda cyber-fysiska system (CFS), dvs inbyggda datorer, sensorer och nätverk i kombination med fysiska processer. Fysiska processer påverkar datorernas beräkningar, och resultaten av beräkningar styr maskiner och därmed de fysiska processerna. Den här typen av automatiserad återkopplingsring möjliggör mer exakt kontroll, bättre data och transparens samt effektivare processer.

En mer omfattande användning av sådan teknik är Smarta Fabriker<sup>11</sup>. Automation inom en fabrik är inget nytt, men en smart fabrik innebär att systemet är decentraliserat och datorer tar mer komplexa produktionsbeslut.

<sup>10</sup> [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_information\\_modelling\\_BIM](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_information_modelling_BIM)

<sup>11</sup> <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>

Fabriken kan till och med kopplas samman horisontellt med liknande fabriker och vertikalt med leverantörer. En smart fabrik är flexibel, anpassar sig till data som mottas i realtid, förutser efterfrågan, producerar och levererar automatiskt, och ger bättre data för beslutsfattare, till exempel om kvalitet. I pilotprojekt har man observerat betydande förbättringar av effektiviteten och färre defekter. Miljömässiga fördelar kan också uppnås om produktionen är bättre anpassad till efterfrågan, vilket kan minska mängden kasserade produkter eller incitament att sälja så mycket som möjligt. Global integration och förutsägelse av efterfrågan kan också innebära att varor automatiskt produceras nära konsumenten, vilket kan minska utsläppen från transporter.

En särskilt trendig teknik i detta avseende är 3D-utskriften. Förespråkare av 3D-utskriften hävdar att de erbjuder miljömässiga fördelar jämfört med traditionella industriella processer, men dessa påståenden har inte bekräftats, och nya studier pekar på att de kanske inte är berättigade. Det första påståendet är att 3D-utskriften producerar mindre avfall. Detta gäller för hemmaskrivare som använder uppvärmda munstycken, men inte för bläckstråleskrivare och för industriella skrivare som använder pulverformiga eller smälta polymerer, eller pulverformig metall. Dessa lämnar en betydande mängd material i tryckformen. Vissa hävdar att 3D-utskriften är mer energieffektivt. Energieffektiviteten beror helt på den teknik som används, men det bör noteras att många 3D-tekniker faktiskt använder mycket höga mängder energi samt högraffinerat material som också kräver energi att producera. Ett tredje påstående är att 3D-utskriften ger möjlighet att skriva ut var och när det behövs och att det därmed kan minska produktions- och transportkostnader. Detta kan vara sant, men det beror helt på hur 3D-utskriften kommer att integreras i samhället. Det finns en hög risk för slöseri ifall människor trycker onödiga prylar, eller trycker många lågkvalitativa och kortlivade saker hemma istället för att köpa högkvalitativa saker tillverkade av bättre verktyg och kunskaper. Å andra sidan, om 3D-skrivare används på ett mindre konsumtionsinriktat sätt, skulle människor kunna skapa objekt anpassade efter egna behov (och därmed vara mindre benägna att kasta bort sakerna) eller ersättningsdelar för trasiga varor (vilket skulle fungera särskilt bra med modulära varor). En generalisering av 3D-utskriften skulle därför kräva mycket noggrann uppföljning och vägledning, och kopplas samman med beteendeförändringar.

Även byggnader kan skrivas ut på 3D-skrivare med en stor "skrivare" som sprutar in en betongliknande substans. Prototyper har byggts, och en sådan teknik (kallad "count our crafting"<sup>12</sup>) hävdas ha betydligt lägre miljöpåverkan jämfört med traditionella byggmetoder, främst tack vare minskat materialavfall. Ingen självständig studie kan dock bekräfta huruvida 3D-utskriften för byggnader faktiskt kommer att leda till lägre miljöpåverkan, eftersom dessa är framväxande teknologier.

---

<sup>12</sup> <http://contourcrafting.com/>



#### 2.1.2.2 PRECISIONSJORDBRUK

Det går att utveckla tillämpningar som påminner om de smarta fabrikerna, även för livsmedelsproduktion, trots att kopplingarna mellan efterfrågan, leverantörer och bondgårdar av naturliga skäl är långsammare. För närvarande är automatisering inom livsmedelssektorn ganska låg, men det finns stor potential att öka användningen av IKT. För grödor och boskap kan en rad tekniker under samlingsnamnet precisionsjordbruk användas för att öka effektiviteten, precis som CFS i fabriker. Dessa inkluderar användningen av sensorer för att optimerabevattning, pesticider och gödningsmedel; smarta automatiska bevattningssystem som vattnar växter automatiskt beroende på väder och fukt; fjärranalys av grödornas tillväxt och markkvalitet (t.ex. via satelliter); system för optimal drift av traktorer vid plantering, besprutning och skörd eller till och med helt automatiserade traktorer.

Ett exempel är FarmBeats-projektet<sup>13</sup>, som lanserats av Microsoft. FarmBeats använder marksensorer, drönare och ballonger för att samla in data, och synkroniseras och drivs av en AI-dator i bondens hus. Data bearbetas i molnet med maskininlärning för att länka ihop sensordata, flygbilder och avkastningsprognoser. En karta med illustrationer och råd skickas sedan till bonden. I mindre skala möjliggör appar som MachineryGuide<sup>14</sup> att traktorchauffören planerar sin rutt optimalt, och erbjuder jordbrukare data om deras praxis.

#### 2.1.2.3 URBAN MATPRODUKTION

IKT kan också möjliggöra en radikal förändring av jordbruket, i form av urban matproduktion. De potentiella fördelarna är en minskning av transporten till konsumenten, ökad resiliens och möjligheten att använda produktionstekniker som är mer resurs- och energieffektiva.

Det svenska företaget Plantagon<sup>15</sup> har byggt en vertikal gård i Linköping, samt projekt i en rad andra länder, och bygger nu underjordiska gårdar i tomma lokaler i Stockholm. Tornet i Linköping bygger på principerna om industriell symbios: det värms upp med spillvärme från en närliggande fabrik, använder restvärme och koldioxid från en biogasanläggning, och skickar sitt organiska avfall till biogasverket. Det utnyttjar också IKT, särskilt i form av automatiserade processer. Växter planteras med hjälp av robotar och transporteras runt på ett löpande band för att optimera tillgången till solljus. Växterna vattnas genom att fylla brickorna med en minimal mängd vatten. Oanvänt vatten dräneras automatiskt, filtreras och återanvänds. Ventilationen är automatiserad och koldioxid producerad av anställda skickas till växterna, medan syre som produceras av växterna skickas till kontorsdelen av byggnaden. Plantagon hävdar en 99% minskning av vattenanvändningen jämfört med traditionellt jordbruk. Den kommersiella ledaren inom vertikala jordbruk är

---

<sup>13</sup> <https://www.microsoft.com/en-us/aiforearth/farmbeats.aspx>

<sup>14</sup> <http://machineryguideapp.com/en>

<sup>15</sup> [www.plantagon.com](http://www.plantagon.com)

Aerofarms<sup>16</sup>, som använder en teknik som kallas aeroponics. Växter planteras inte i mark, utan deras rötter vattnas automatiskt av en dimma som innehåller näringsämnen, vatten och syre. Aerofarms använder 5% av den mängd vatten som behövs i traditionella jordbruket. Belysningen styrs också noggrant och anpassas till varje växt. Utöver automation används IKT också i stor utsträckning för att samla in och analysera en stor mängd data för övervakning av näringsämnen och tillväxt, och för att styra inomhusmiljön. I Singapore har företaget Sky Greens<sup>17</sup> också utvecklat vertikala gårdar med 6–9 meter långa A-formade torn där växterna långsamt roterar för att få jämn och tillräcklig tillgång till ljus och vatten. Användningen av IKT vid Sky Greens verkar vara mindre omfattande, trots att de hävdar mycket hög effektivitet och mycket låg vatten- och energianvändning. IKT-användning i det sammanhanget kan leda till ökad energianvändning, men också till högre effektivitet. Plantagens strategi för energieffektivitet är att använda spillvärme från andra fabriker och / eller skicka spillvärme för att värma kontorsbyggnader. Sky Greens verkar ha ännu lägre energianvändning men det är svårt att jämföra effektiviteten av dessa lösningar eftersom det inte finns information om avkastning och kvalitet, och eftersom all information är företagets egna uppskattningar och inte tredjepartsbedömningar.

Likheter mellan vertikala gårdar och CFS i fabriker är att IKT möjliggör automatiserade processer, omfattande datainsamling och analyser med automatisk återkoppling, och att detta möjliggör mycket högre effektivitet.

Det bör noteras att urban matproduktion inte är begränsad till vertikala gårdar. Människor kan odla mat i trädgårdar (kolonilott) eller på hustak. Det finns dock ingen särskild användning av IKT i detta avseende, förutom online-tjänster för att informera och utbilda potentiella trädgårdsmästare och underlätta tillgången till trädgårdar.

I både tillverkning och jordbruk kan IKT göra det möjligt för anställda att få tillgång till bättre data och göra optimala beslut. Men man kan få ännu större nytta genom att integrera mer data i hela försörjningskedjan.

### **2.1.3 Bättre datainsamling och kommunikation i försörjningskedjan**

#### **2.1.3.1 TILLGÄNGLIGHET AV DATA FÖR**

#### **MILJÖKONSEKVENSBEDÖMNINGAR**

Miljökonsekvensbedömningar som livscykelanalyser (LCA) har ofta problem med tillgång till data. Ofta måste man förlita sig på standardvärden om miljöpåverkan av olika material eller antaganden om hur produkterna kommer att användas eller kasseras. Resultatet är ibland mycket osäkert och det kan bli svårt att hitta de viktigaste möjligheterna att minska miljöpåverkan. Dessutom är möjligheterna att följa upp bedömningar från designskedet mot posthoc-bedömningar med hjälp av aktuell data för tillverknings-, användnings- och bortskaffningskedje begränsade.

---

<sup>16</sup> <https://aerofarms.com>

<sup>17</sup> <https://www.skygreens.com>

IKT erbjuder möjligheter att avsevärt förbättra LCAs exakthet, validitet och enkelhet. Anslutna varor, som bildar det så kallade sakernas internet, kommer att generera en stor mängd data. Detta inkluderar automatisk insamling av data om material- och energiflöden i realtid. Sådan data kan vara relativt lätt att samla, kommunicera och använda i bedömningar. Data skulle också vara tillgängliga för alla skeden i livscykeln och erbjuda ökad spårbarhet. Databaser och metoder för LCA bör vara robusta, lättillgängliga och öppna. Olika aktörer jobbar med dessa problem: BONSAI<sup>18</sup> är en organisation som syftar till att skapa öppna databaser för miljöinformation, och Ocelot<sup>19</sup> är ett projekt som använder dokumentation och algoritmer för att testa robusthet på LCA metoder.

Samtidigt bör det noteras att miljöbedömningar av IKT-produkter kan bli svårare. Bedömning av produktionens påverkan i en decentraliserad smart fabrik, eller påverkan av att använda anslutna vitvaror vars data behandlas i servrar över hela världen, blir ingen lätt uppgift. Därför är det viktigt att datainsamling i smarta fabriker och servrar är utformad för att underlätta miljöbedömningar från början.

#### 2.1.3.2 BÄTTRE DATA FÖR MILJÖVÅRD, POLICY OCH PLANERING

Det finns också möjligheter att använda IKT för att analysera miljöfrågor och ge stöd och information till beslutsfattare. Exempelvis tillhandahåller Europeiska miljöbyrån interaktiva kartor för att visualisera data om t.ex. luft- och vattenkvalitet, tungmetaller i vatten eller skyddade områden<sup>20</sup>. Microsoft samarbetar med Esri i Land Cover Mapping-projektet<sup>21</sup>, där de använder kartläggningsprogram och AI-teknik för att skapa kartor med mycket hög upplösning för miljövard. Dessutom har Microsoft Premonition-projektet<sup>22</sup> där man övervakar, räknar och lokaliserar hotade djur. Smarta fållor fångar och sorterar automatiskt ett antal insekter som matas med djurens blod, såsom myggor. Dessa insekter skickas till laboratorier, blodet extraheras och DNA sekvenseras. Data bearbetas sedan i molnet för att beräkna indikatorer för biologisk mångfald, inklusive populationstätheten för de djur som insekterna matas med.

#### 2.1.3.3 OPTIMERING AV FÖRSÖRJNINGSKEDJAN

Dessutom kommer det att finnas en möjlighet för bättre tillgänglighet av data för andra aktörer i försörjningskedjan, såsom transportörer, butiker och avfallshanterare. De kan använda relevant information för att se till att ingen resurs slösas bort och att transport, energianvändning och avfall minimeras. Sådana IKT-applikationer kan till exempel användas för att optimera

---

<sup>18</sup> <https://bonsai.uno/>

<sup>19</sup> <https://ocelot.space/>

<sup>20</sup> [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps#c0=5&c5=sustainability-transitions&b\\_start=0](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps#c0=5&c5=sustainability-transitions&b_start=0)

<sup>21</sup> <https://www.microsoft.com/en-us/aiforearth/land-cover-mapping.aspx>

<sup>22</sup> <https://www.microsoft.com/en-us/aiforearth/project-premonition.aspx>

placeringen av fabriker eller placeringen av en bondes försäljningsställe. Ett exempel på verktyg för optimering av försörjningskedjan är Sourcemap<sup>23</sup>, som samlar in, analyserar och visualiserar information om försörjningskedjan, vilket gör det lättare att optimera. Higg Facility Environmental Module<sup>24</sup> är en plattform som bygger på Sourcemap, och bedömer och kommunicerar hållbarhetsprestanda. Programvaran har också använts av en stor godisproducent för att kartlägga, övervaka och kommunicera med små kakao-producenter i Elfenbenskusten. Bättre informationstillgänglighet kan också förbättra återvinning om den exakta sammansättningen av produkter kan kommuniceras på ett enkelt sätt.

## 2.2 Energisystem

### 2.2.1 Hemautomatisering

Byggnadsenergihanteringssystem (Building Energy Management Systems, BEMS) är system som automatiskt övervakar och reglerar värme, ventilation och elanvändning. När det gäller el kan oanvända apparater stängas av automatiskt. De kan också programmeras för att undvika elanvändning när efterfrågan är mycket hög (ett system som kallas Automatiserad Respons till Efterfrågan) och / eller starta automatiskt när efterfrågan är låg för att undvika ökad efterfrågan och dra nytta av lägre priser. När det gäller uppvärmning kan temperaturen minskas automatiskt under natten eller i oanvända rum. I båda fallen möjliggör vissa tekniker att användaren kan fjärrstyra värme eller apparater via en smartphone. Energianvändning kan minskas med några procent med dessa tjänster.

Automatisering och sakernas internet genererar en stor mängd data som ständigt behöver bearbetas i servrar. Därmed finns det en direkt rekyleffekt i form av en ökning av elanvändningen från servrar. Det är svårt att bedöma effekten av servrarnas elanvändning i miljökonsekvensbedömningar, eftersom servrarna kan ligga i vilket land som helst och miljöpåverkans storlek är starkt beroende av om servrarna använder el som produceras med fossila bränslen eller förnybara källor.

### 2.2.2 Spillvärme från servrar

En annan lösning är att använda spillvärmerna från servrar när de bearbetar data<sup>25</sup>. Spillvärme kan användas i fjärrvärmesystem: Stockholm har startat ett initiativ i oktober 2017 för att försörja 10% av husen med spillvärme från datacenter. På samma sätt används ett IBM datacenter i Schweiz för att

---

<sup>23</sup> <http://www.sourcemap.com/>

<sup>24</sup> <http://www.sourcemap.com/blog/2018/1/1/two-thousand-factories-have-already-registered-for-the-sourcemap-powered-higgorg>

<sup>25</sup> Wahlroos, M., Pärssinen, M., Manner, J., & Syri, S. (2017). Utilizing data center waste heat in district heating – Impacts on energy efficiency and prospects for low-temperature district heating networks. *Energy*. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.078>

See also: <https://www.datacenterknowledge.com/data-centers-that-recycle-waste-heat>

värma en simbassäng, ett datacenter från Apple försörjer Viborg i Danmark med fjärrvärme, och Yandex och Academica datacenter i Finland används för att värma ca 500–1000 bostäder. Det här är en intressant lösning för Sverige med hänsyn till fjärrvärmens vikt i värmeförsörjning. När byggnader inte är anslutna till fjärrvärmenätverket kan små servrar teoretiskt installeras direkt i hus. Det nederländska företaget Nerdalize<sup>26</sup> erbjuder ”elementservrar” som installeras i hus och försörjer husen med värme gratis.

### 2.2.3 Smarta elnät och lokal elproduktion

Att producera el med låg klimatpåverkan är en förutsättning för att nå klimatmål. Förnybara elkällor såsom solceller och vindkraft blir sannolikt en betydande del av den svenska elmixen i framtiden. Problemet med dessa tekniker är att de är intermittenta: de producerar inte alltid el när den behövs mest. En möjlig lösning är att lagra överflödigt el för att använda den när belastningen på elnätet är som högst. Idag görs detta genom att pumpa vatten i vattenkraftreservoarer, men denna lösning kan inte användas i så mycket större utsträckning. En annan lösning är att använda el för att producera vätgas från vatten. Vätgas kan injiceras i gasförsörjningen, men detta är för närvarande möjligt endast i mycket begränsad utsträckning. Ytterligare en möjlig lösning är att omvandla väte till metan, men det är för närvarande inte lönsamt. Väte kan också producera el i batterier genom att omvandlas tillbaka till vatten. Energiförlusterna är dock enorma: mer än två tredjedelar av energin förloras vid omvandling från el till väte och tillbaka till el.

Om lagring av el är problematisk kan man istället se till att el produceras när (och helst där) det behövs. Här kan IKT spela en roll genom att möjliggöra infrastrukturer för smarta elnät. Genom att övervaka och kommunicera data om elproduktion i varje kraftverk och elanvändning i realtid kan producenter hitta optimala kunder, och konsumenter hitta optimala leverantörer. Det finns en EU-strategi för att bättre ansluta elnät mellan olika länder på lång sikt. Smarta elnät kan dessutom minska efterfrågan under spetstimmar, då produktionen kräver mycket förorenande och dyra kraftverk. Till exempel kan vissa apparater eller fabriker stängas av automatiskt under en kort tid under spetstimmar, så att man hinner sätta i gång långsammare kraftverk. Genom att samla in och analysera en stor mängd data kan efterfrågan också förutsägas mer exakt, så att kraftverken är förberedda redan när belastningen på nätet börjar nå sitt maximum. Apparater såsom diskmaskiner eller tvättmaskiner kan även programmeras för att fungera under perioder med låg efterfrågan, till exempel under natten. Smarta elnät möjliggör också dynamisk prissättning, där elpriset beror på efterfrågan, vilket gör det värt att undvika elanvändning under spetstimmar. Alla dessa lösningar bidrar till att platta ut efterfråganskurvan och matcha den med elproduktionen.

---

<sup>26</sup> <https://www.nerdalize.com/>

Ett annat sätt IKT kan främja lokal förnybar elproduktion kan vara att ge användarna större kontroll över deras elförsörjning och underlätta peer-to-peer-transaktioner. Detta kan möjliggöras med blockchain-teknik. Blockchain är infrastrukturen på vilken kryptovalutor såsom Bitcoin byggs. Den fungerar som en delad huvudbok för att hålla reda på transaktioner. Nya transaktioner grupperas i ett block som läggs till i blockkedjan. Varje block är krypterat baserat på innehållet i föregående block. Det betyder att en blockkedja kan vara samtidigt offentlig och mycket säker, eftersom en förändring i något block kommer att upptäckas av alla deltagare. Det finns många möjliga tillämpningar, men den som är särskilt intressant i energiområdet är möjligheten för säkra peer-to-peer-transaktioner. Energitransaktioner beror för närvarande av ett antal institutioner och lagar, som ibland är oförenliga mellan länder och komplicerade. Peer-to-peer-transaktioner är då omöjliga: lokala elproducenter säljer el till nationella elleverantören, och kunder köper sin el från samma leverantör. Smarta avtal baserade på blockchain-teknik kan istället låta enskilda producenter sälja direkt till enskilda konsumenter. Smarta avtal utförs automatiskt: när producenten och konsumenten har kommit överens om villkoren sker utbytet automatiskt och säkert. En konsument kan bestämma att hen vill köpa el från en viss källa, till exempel ”bara köpa sol och vindkraft”. Kraven från konsumenter och erbjudanden från producenter kan matchas, och en lokal energimarknad skapas. Vad som faktiskt utbyts på denna marknad är ”bevis på elproduktion”. Producenten får en ”pollett” för varje MWh den producerar, som sedan säljs på den lokala marknaden. Kunden kommer att få 1 MWh från elnätet för varje pollett de köper, men de kommer inte nödvändigtvis att få fysiska elektroner från pollettens säljare vid inköpstillfället. Det betyder bara att producenterna i genomsnitt får rätt pris för elen de producerar på det lokala nätet, och användarna kan välja att stödja vissa producenter.

Fördelen för konsumenterna är anpassning och öppenhet i deras elförsörjning. I nuläget kan en konsument köpa från leverantörer med ”gröna energicertifikat”, men dessa leverantörer kommer fortfarande att köra fossila kraftverk under spetstimmar. Med smarta mätare och kontrakt skulle denna konsument kunna bestämma att vissa apparater automatiskt stängs av om de inte kan köpa polletter från förnybara producenter, så att de inte stödjer fossila kraftverk. Dessutom är blockkedjor mycket säkra och ger användarna kontroll över sina transaktioner.

Det finns flera fördelar för producenterna. Den första är öppenhet och enkel redovisning. Den andra är möjligheten att sälja på en lokal marknad till ett pris som är anpassat till lokal efterfrågan. Med hjälp av kryptovalutor kan producenterna också samla in pengar för att investera i mer produktion av förnybar energi. De skulle till exempel kunna sälja polletter redan innan kraftverket är färdigbyggt, för att finansiera installationen. En ytterligare fördel är att data skulle vara tillgängliga på en offentlig huvudbok, vilket skulle göra datainsamling om energianvändning och produktion mycket enklare.

Företaget LO3 energy<sup>27</sup> driver nu ett pilotprojekt som heter Brooklyn Microgrid, där några byggnader med solceller säljer el till andra byggnader i en lokal blockchain-baserad peer-to-peer-marknad. Deras system, kallat Exergy<sup>28</sup>, är en blockchain byggd speciellt för fysiska begränsningarna i elnätet. Utmaningen för en storskalig användning verkar vara antalet transaktioner som kan utföras varje sekund. Det här är en helt ny applikation, och de potentiella fördelarna och utmaningarna är svåra att förutsäga.

Ett annat initiativ är SolarCoin<sup>29</sup>. Det möjliggör inte en lokal elmarknad, utan det fungerar precis som Bitcoin. Skillnaden är att sättet att få valuta inte är att utföra beräkningar, utan man måste producera el med PV-paneler. Det är bara ett belöningsystem för solkraftproducenter: visa ett bevis på att du producerar solenergi, så får du en viss mängd kryptovaluta gratis, som kan säljas på en global plattform.

## 2.3 Transport

### 2.3.1 Optimera transport

#### 2.3.1.1 HITTA DEN BÄSTA RESVÄGEN

GPS används redan idag för att hjälpa förare att hitta den optimala resvägen (dvs den snabbaste, billigaste eller kortaste resvägen beroende på inställningar). Appar informerar nästan i realtid om trafikstockningar och störningar på resvägen. Bättre förutsägelse- och kommunikationsförmåga kan göra det möjligt för förare att undvika problem mer effektivt. Dessutom skulle sådana appar kunna integreras med appar som tillhandahåller information och tidtabeller för kollektivtrafik. Att ge förare information om alternativ till bil när de planerar en resa skulle uppmuntra dem att byta till kollektivtrafik.

#### 2.3.1.2 MINSKA TRANSPORTBEHOVET FÖR LEVERANS

Flera åtgärder relaterade till produktion minskar transportererna genom att möjliggöra att varor produceras nära kunderna, eller att varor och byggnader produceras direkt på plats med 3D-utskrift. Andra IKT-åtgärder kan informera kunder om lokalt producerade varor och mat för att främja lokal konsumtion. Det skulle kunna minska transportbehovet för leverans. Dessutom kan lokal konsumtion öka förtroendet och medvetenheten om produktionens miljöpåverkan, åtminstone inom livsmedelssektorn<sup>30</sup>.

E-handel är också ett potentiellt sätt att minska miljöpåverkan jämfört med traditionell detaljhandel, genom att lastbilar skulle kunna leverera varor

---

<sup>27</sup> <https://lo3energy.com/>

<sup>28</sup> <https://exergy.energy/wp-content/uploads/2017/12/EXERGY-ExecSumm-FINAL-1.pdf>

<sup>29</sup> <https://solarcoin.org/>

<sup>30</sup> Svenfelt Å, Zapico JL (2016) Sustainable food systems with ICT? Proceedings of the 4th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2016).

längs en optimerad väg istället för att varje kund kör till en affär. Storskaligt kan IKT erbjuda möjligheten att förutsäga efterfrågan och därmed utveckla just-in-time transporter ytterligare. Detta skulle kunna möjliggöra att varor transporteras med tåg och båt istället för flygplan.

Sådana potentiella fördelar måste dock utvärderas noga. Beroende på platsen, leveranssystemet och antagandena har vissa studier visat att e-handel skulle kunna sänka transportutsläppen avsevärt, medan andra visat att traditionell detaljhandel har en lägre miljöpåverkan i täta stadsområden<sup>31</sup>. En bonde som levererar mat lokalt till kunder i en lastbil kan vara ineffektiv, eftersom lastbilar är särskilt miljöskadliga. För livsmedel står produktion i alla fall för en betydligt högre andel utsläpp av växthusgaser än transporter: det kan vara mindre miljöskadligt att köpa spanska tomater än svenska tomater, eftersom svenska tomater odlas i uppvärmda växthus. Gällande klimatpåverkan från livsmedel är det mycket viktigare att minska köttkonsumtion än att optimera hur livsmedel levereras. När det gäller 3D-tryckta varor måste råvaror transporteras till produktionsplatsen. Den enda potentiella fördelen är att man undviker produktion av flera delar på olika ställe som måste transporteras och monteras, och istället utför hela produktionen på samma plats. I många fall kommer dock konsekvensen från själva produktionen att vara mycket högre än de potentiella besparingarna i transportutsläppen. Sammantaget kan IKT minska transportavstånden för vissa varor, men det är oklart om detta verkligen har någon större påverkan på total resursanvändning.

### 2.3.2 Dela fordon

#### 2.3.2.1 CAR SHARING, RIDE SHARING & RIDE SOURCING

IKT möjliggör nya sätt att använda bilar: bildelning, samåkning och ride-sourcing. Bildelning betyder att flera hushåll delar på ett fordon. Bilen tillhandahålls ofta av ett tredjepartsföretag och bokas via en app, webbplats eller terminal. Ett sådant system kan fungera på olika sätt: ”Tur-och-returbildelning” kräver att användaren lämnar tillbaka bilen på startpunkten när de är färdiga, ”enkelriktad bildelning” tillåter att användaren lämnar bilen på ett annat ställe, och ”peer-to-peer bildelning” betyder att användaren lånar fordon som ägs av andra privatpersoner. Bildelning kan minska både fordonsägande och bilkilometer och uppmuntrar människor att skrota gamla fordon för att istället använda mer moderna och effektiva fordon. Olika former av bildelning kan dock ge olika effekter. Effekterna av enkelriktad bildelning brukar vara lägre än tur och retur, eftersom det inte leder till mycket förändring av beteendet. Enkelriktad bildelning kan dock hjälpa med anslutning till kollektivtrafik och göra det enklare att åka till tågstationen. Effekterna av peer-to-peer-bidelning varierar från fall till fall, men sådana metoder brukar inte uppmuntra människor att köpa mer bränsleeffektiva bilar.

---

<sup>31</sup> Svenfelt Å, Zapico JL (2016) Sustainable food systems with ICT? Proceedings of the 4th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2016).



Samåkning, planerad eller ad hoc, betyder att flera personer reser i samma bil. Föraren ändrar knappt sin resväg för att ta passagerarna till deras destination, och får betalt för en del av resans kostnader. Appar och webbplatser matchar personer som vill resa till en destination med personer som kommer att köra nära destinationen. Ett populärt exempel är företaget BlaBlaCar<sup>32</sup>. Genom att fler personer åker i samma bil kan samåkning minska trängsel, bränsleförbrukning och föroreningar. Det kan dock också finnas en stark rekyleffekt genom att samåkning konkurrerar med kollektivtrafik (särskilt tåg) och genom att den kan locka till nya resor).

Ridesourcing definieras som en outsourcing-service till förare (professionella eller ej). Här tillhandahåller förarna en tjänst som liknar en taxi: skillnaden mot samåkning är att de inte delar en destination med passagerarna och bara kör för att få en intäkt. De vanligaste exemplen är Uber<sup>33</sup> och Lyft<sup>34</sup>. IKT används för att underlätta tillgänglighet till denna tjänst. De potentiella fördelarna med ridesourcing är en marginellt högre beläggning för fordon och mer effektiva resvägar jämfört med traditionella taxibilar, samt en minskning av fordonsägandet. Effekterna är små, men tjänsten är väldigt populärt och kan därför ha en stor påverkan på samhällsnivå. Det finns dock också en risk för rekyleffekter. Ridesourcing kan både konkurrera med och komplettera kollektivtrafik. Den sammanvägda miljöpåverkan av ett sådant system är osäker och beror på sammanhanget där det implementeras.

### 2.3.2.2 CYKELDELNING

Med cykeldelning kan användare låna eller hyra en cykel, vanligtvis från stationer på gatan. Det är redan mycket populärt i många stora städer. Appar och webbplatser kan hjälpa användare att hitta närmaste cykelstationen eller hantera betalning och tillgång till hyrestjänsten. IKT möjliggör också teknik för cykelstationerna, eftersom de måste kunna upptäcka när en cykel parkeras, identifiera cykeln, hitta vem som hyrde den och hantera betalningar.

Ett cykeldelningssystem som använder IKT mer omfattande är system med ”flytande” cyklar, som används till exempel i Washington DC och Beijing. Användaren kan då hitta närmaste cykel med en app, skanna en kod för att betala automatiskt, och lämna cykeln var som helst när de är klara. Detta gör systemet bekvämt och lättillgängligt. Sådana system har dock stora problem med vandalisering och med att användare lämnar cyklarna på oåtkomliga ställen<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> <https://www.blablacar.co.uk/>

<sup>33</sup> <https://www.uber.com/sv/se/>

<sup>34</sup> <https://www.lyft.com/>

<sup>35</sup> <https://www.theguardian.com/politics/2017/nov/05/why-we-cant-have-nice-things-dockless-bikes-and-the-tragedy-of-the-commons>

### 2.3.3 Självkörande fordon

#### 2.3.3.1 TREND

Självkörande bilar och lastbilar är fordon som kan köras genom att bara ange destinationen. De är ett mycket trendigt ämne inom IKT, med investeringar från såväl stora IT-företag som från biltillverkare<sup>36</sup>. Utöver förbättringar när det gäller effektivitet och bekvämlighet kan en bred användning av sådana fordon leda till mer övergripande förändringar på samhällsnivå.

#### 2.3.3.2 PÅVERKAN PÅ FORDONS TILLVERKNING OCH DRIFT

Självkörande fordon kan förändra hur bilar tillverkas och körs. Fördelarna med automatisering är att självkörande fordon fungerar i mer kontrollerade förhållanden än vanliga bilar. Om alla fordon automatiserades skulle tillverkarna kunna utforma fordon för att fungera under mycket smalare förhållanden. Mindre aggressiva accelerationer, både på grund av motordesign och smidigare drift, skulle kunna minska energianvändningen. Självkörande fordon är dessutom en mycket lovande teknik när det gäller säkerhet. De flesta bilolyckor orsakas av mänskliga fel, och självkörande fordon kan reagera och bromsa mycket snabbare än mänskliga förare. De direkta fördelarna är uppenbara: en minskning av trafikolyckor skulle leda till färre dödsfall och sjukhusvistelser. Om självkörande fordon faktiskt leder till färre olyckor skulle de även kunna byggas med lättare material (eftersom chassits hållfasthet blir mindre viktigt). Detta skulle minska energianvändning, men det kräver dock att regleringar ändras på lång sikt. På grund av kortare bromsavstånd kan självkörande fordon dessutom köra mycket närmare varandra utan säkerhetsproblem. Detta skulle minska luftmotståndet när fordon (särskilt lastbilar) följer varandra, en effekt som kallas platooning.

#### 2.3.3.3 PÅVERKAN PÅ RESENÄRERS BETEENDE

Självkörande fordon kan medföra betydande förändringar när det gäller hur konsumenter beter sig i förhållande till bilar. Om självkörande fordon blev norm skulle konsumenter kunna äga färre bilar, och bilar skulle kunna betraktas som en tjänst man bokar snarare än en vara man äger. Om bilägandet minskar skulle parkeringsplatser på gatan och i garage i stor utsträckning bli onödiga, eftersom de flesta bilar skulle cirkulera hela tiden. Detta skulle frigöra värdefullt utrymme i stadskärnor. Det finns dock inget direkt samband mellan självkörande bilar och minskat bilägande, utan effekten på bilägandet av självkörande fordon kommer att bero av bland annat regelverk och kostnader för både bilarna och för alternativen.

En förändring av resebeteenden kan också förväntas, eftersom multi-modal transport blir bekvämare. Till exempel kan folk hyra en självkörande bil för att komma till järnvägsstationen, åka tåg och sen ta ett självkörande fordon från stationen till slutdestinationen. Fordonets beläggning skulle

---

<sup>36</sup> <https://www.cbinsights.com/research/autonomous-driverless-vehicles-corporations-list/>

troligen förbättras: om det fanns tillräckligt med självkörande fordon skulle resenärer kunna boka fordon anpassade till deras behov. Personer som reser ensamma kan till exempel boka mindre fordon. Samåkning kan också underlättas: grupper skulle enkelt kunna boka och dela en bil av lämplig storlek. Bilbeläggning kan bestämmas av en algoritm som försöker fylla bilar utan att öka restiden för mycket för andra resenärer.

Ett välutvecklat nätverk av självkörande fordon skulle säkert konkurrera med kollektivtrafik. Självkörande fordon kan förväntas ta resenärer från kollektivtrafik och konkurrera med tåg, vilket sannolikt skulle leda till ökad energianvändning. En rekyleffekt kan också förväntas: om resan med bil blir säkrare, billigare och bekvämare kommer människor sannolikt att resa mer. Potentiellt inducerade resor är faktiskt den viktigaste risken i förhållande till självkörande fordons miljöpåverkan. Självkörande fordon kan dock också ersätta korta flygresor. Till exempel kan en anställd på affärsresa åka ett självkörande fordon och sova eller arbeta medan bilen kör, i stället för att flyga.

#### 2.3.3.4 UNDERLÄTTA UTVECKLINGEN AV ELBILAR

Självkörande fordon kan underlätta utvecklingen av elbilar eftersom de två teknikerna är mycket kompatibla. Elektriska självkörande fordon kan till exempel köra till en laddstation när de inte används. Eftersom lagring i batterier medför energiförluster och självkörande bilar ökar mängden data som överförs och lagras, kan självkörande fordon leda till en betydande ökning av energibehovet, trots att smidig drift gör dem mer energieffektiva. Självkörande fordon kan dock hjälpa till med att lösa problemen med toppbelastning och elproduktion med intermittenta energikällor. Självkörande fordon kan programmeras så att de laddas när elbehovet är lågt (till exempel på natten när det finns färre passagerare), vilket skulle släta ut efterfrågekurvan. Alternativa konstruktioner kan utvecklas, såsom elektrifierade vägar.

#### 2.3.3.5 PÅVERKAN PÅ VARUDISTRIBUTION OCH STADSPLANERING

Självkörande fordon kommer inte bara att påverka hur människor reser, utan även leverans av varor. System kan utvecklas där självkörande fordon hämtar varor samtidigt som de hämtar resenärer, och levererar dem på vägen för att optimera transporten. Självkörande fordon kan också leverera paket på natten när efterfrågan på persontransporter är minst. Sammantaget kan detta göra leverans av varor billigare och effektivare.

Självkörande fordon kommer också indirekt att påverka stadsplanering. Det minskade behovet av parkeringsplatser och garageutrymme kommer att frigöra utrymme som kan användas t.ex. för bostäder. Bekvämare leverans av varor kommer möjligtvis att leda till nedläggningen av butiker, vilket kan frigöra mer utrymme. Eftersom självkörande fordon kan drivas mer effektivt, med högre beläggning och närmare varandra, kan trängseln minska. Behovet av nya vägar och underhåll av befintliga vägar kan därmed också minska.

#### 2.3.3.6 SOCIAL HÅLLBARHET

Slutligen kan självkörande fordon få omfattande sociala konsekvenser. Vissa kan vara positiva: självkörande fordon kan göra det möjligt för funktionshindrade och äldre att resa tryggt på egen hand och förbättra deras självständighet och valfrihet. Å andra sidan kommer självkörande fordon att samla mycket makt hos några privata aktörer. Endast stora multinationella företag kommer troligtvis att driva självkörande fordonssystem. Företagen kommer att samla en enorm mängd data om människors livsstil: inte bara deras position, utan också deras destination, vanor och vem de reser med. Det kommer bli allt svårare för medborgarna att välja bort det här systemet, eftersom icke-automatiserade bilar gradvis avvecklas, vilket ger företagen mycket makt över medborgarnas liv. Slutligen kan automatiseringen leda till effekter på arbetsliv och lokala tjänster som är mycket svåra att överblicka.

#### 2.3.4 Rekyleffekten

Minskningen av växthusgasutsläpp som kan komma om IKT minskar resbehovet riskerar att uttraderas av ökat fritidsresande (när resenärer får mer tid och pengar), längre resor (orsakad av glesare städer och möjligheten för distansarbetare att leva längre bort från deras arbetsplats) och latent efterfrågan hos personer som inte använde bilen på grund av trängsel men kan göra det om trängseln minskar. Det finns också en möjlighet att monetära besparingar skulle användas för andra miljöskadliga aktiviteter. Nettoeffekten av att använda IKT för att minska resandet är därför starkt beroende av det sammanhang där en sådan åtgärd införs.

## 2.4 Konsumtion

### 2.4.1 Nudging

#### 2.4.1.1 DEFINITION

Nudging är incitament och åtgärder som påverkar människors beteende och främjar ett önskat resultat, utan att göra det svårare att välja ett annat alternativ. En kärnidé bakom nudging är att människor regelbundet fattar beslut som de ångrar senare eller som inte passar deras egna preferenser. Tanken är därför att hjälpa människor att bete sig på ett sätt som motsvarar deras värderingar. Att lägga frukt på synliga, lättillgängliga ställen i ögonhöjd i butiker och godis i ett avlägset hörn uppmuntrar till exempel människor att köpa mer frukt och mindre godis, utan att göra det mycket svårare att köpa godis för människor som verkligen vill. De flesta människor anser nog att det skulle vara bättre för dem att äta mindre godis och mer frukt. Därför skulle den här åtgärden hjälpa dem att bete sig bättre, enligt deras egna kriterier.

Nudging är ett trendigt ämne. Två av de mest framträdande förespråkare, Cass Sunstein och Richard Thaler, var anställda i Obama-administrationen och tilldelade Sveriges Riksbanks pris i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels

minne 2017. Nudging nämndes också i Digitaliseringskommissionens rapport<sup>37</sup> som ett sätt på vilket IKT potentiellt kunde användas för att minska miljöpåverkan från konsumtion, och var fokus i en tidigare rapport för Naturvårdsverket<sup>38</sup>. Nudging är lämpligt i situationer där människor har svårt med självkontrollen (det kan till exempel vara fördelaktigt och roligt att träna, men titta på TV är mer frestande) eller när de står inför beslutsituationer som är ovanliga, komplexa eller där ger otillräcklig återkoppling gällande konsekvenserna av olika beslut.

Nudging arbetar mestadels i två dimensioner: ge relevant information, vid rätt tillfälle och på rätt sätt; eller göra önskvärda val lättare och oönskade val mindre frestande. Påverkan varierar beroende på den aktuella verksamheten. Många diskussioner kring nudging handlar till exempel om energibesparingar och uppnår endast marginella förbättringar, men de är ändå intressanta tack vare deras enkelhet och låga kostnader.

#### 2.4.1.2 HUR OCH NÄR INFORMATION KOMMUNICERAS

IKT kan påverka människors beteende genom att kommunicera relevant information, men detta kräver två förutsättningar: man måste samla relevant och standardiserad information, och man måste kommunicera den på ett nyttigt och påtagligt sätt.

IKT kan förbättra och automatisera datainsamling i realtid för anslutna apparater betydligt. Även för vanliga varor kan IKT göra det enklare att samla in, använda och kommunicera miljödata. Eaternity<sup>39</sup> är till exempel en webbplats där restauranger enkelt kan beräkna hälso- och miljöpåverkan av olika recept, samt kommunicera dem till gästerna. Relevant information blir lättillgänglig både för restauranger och gäster, så att de kan göra mer informerade val. IKT-baserad kommunikation av miljöinformation kan generaliseras för de flesta produkter. RFID-märke används redan av butikerna för att hantera logistik och lagring av produkter. Liknande åtgärder kan utvecklas för att kommunicera miljödata till konsumenter via QR-koder eller liknande koder som kan läsas med en smartphone. IKT bidrar också till att informera kunden om själva producenten. IKT underlättar lokalt förankrat jordbruk, där lokala producenter levererar sina produkter direkt till kunder. Webbplatser kan göra sådana system mer synliga och transparenta och hjälpa till att rekrytera kunder som på den svenska webbplatsen Gårdsnära<sup>40</sup>, som inkluderar en sökmotor för att hitta lokala gårdar, trädgårdar och livsmedelsproducenter.

För att denna information ska kunna påverka konsumenternas beteende finns det dock ytterligare en viktig fråga: hur och när informationen kommuniceras. Informationen måste meddelas vid rätt tillfälle och på rätt sätt för att

---

<sup>37</sup> Digitaliseringskommissionen (2016). *För digitalisering i tiden*. [https://www.regeringen.se/4af25c/contentassets/f7d07b214e2c459eb5757cea206e6701/sou-2016\\_89\\_webb.pdf](https://www.regeringen.se/4af25c/contentassets/f7d07b214e2c459eb5757cea206e6701/sou-2016_89_webb.pdf)

<sup>38</sup> <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6643-7.pdf?pid=14232>

<sup>39</sup> [www.eaternity.org](http://www.eaternity.org)

<sup>40</sup> <https://www.gardsnara.se>

lösa ett visst problem. Här är några vanliga fördomar relaterade till information, och hur de kan hanteras med nudging:

- **Tillgänglighet, åtkomlighet och tydlighet:** Vi lägger större vikt vid händelser som vi lätt kan tänka på eftersom en liknande viktig händelse inträffade nyligen (mer tillgänglig), händelser som relaterar till vår personliga erfarenhet (mer åtkomlig) och händelser som vi aktivt påminns om (tydligare). Detta är ett av de vanligaste sätten att använda IKT för att påverka beteendet. En vanlig nudging relaterad till tydlighet är smart mätning av hushållens energianvändning i kombination med direkt återkoppling, t.ex. på en skärm i vardagsrummet eller en app. Användaren påminns aktivt om hur mycket energi de använder, och blir därför mer försiktig. Effekterna av sådan nudging minskar dock ofta efter några månader, eftersom folk slutar uppmärksamma påminnelser när de blivit vana vid dem: informationen blir sålunda mindre tydlig. Studier har visat att människor gör mer ambitiösa förändringar i sin energianvändning när de meddelas att deras vänner och grannar använder mindre energi än dem (eftersom denna feedback är mer åtkomlig). Liknande IKT-baserad nudging kan användas i andra sektorer. EcoPanel<sup>41</sup> är till exempel ett visualiseringsverktyg som tydligt visar användarens vanor i samband med dagligvaruhandel och inköp av ekologiska produkter. Syftet är att poängtera praxis som upprätthålls rutinmässigt istället för godvilligt, så att användaren aktivt kan reflektera över sina vanor och se vad de skulle vilja förändra. Konsumenter kan då aktivt välja att ändra sina vanor. Liknande verktyg har utvecklats för att hjälpa människor att visualisera hur mycket avfall de producerar. Appar och webbläsarplugin är ett enkelt sätt att göra relevant information tydligare vid rätt tillfälle. Exempelvis är Foodprint en plugin som visar kolavtrycket av recept på stora receptplatser<sup>42</sup>. Anslutna köksapparater kan också hantera livsmedelslistor och meddela användaren om en produkt håller på att gå ut.
- **Konformitet och socialt tryck:** Vi brukar göra som andra gör, eftersom vi antar att de vet hur man bör bete sig, och eftersom vi bryr oss om deras åsikt om oss. En möjlig nudging är att peka på vad ”de flesta” eller inflytelserika människor gör, t.ex. ”92% av invånare i Stockholm sorterar sitt avfall”. Man brukar återvinna mer när man är övertygad om att alla andra återvinner. Men motsatsen är också sant: när man ser att man gör bättre än genomsnittet brukar man anstränga sig mindre!
- **Motvilja mot förlust:** Vi lägger större vikt vid någonting när vi förlorar det än när vi får det. Oftast reagerar folk mer på en ny skatt än vid ett motsvarande bidrag. Detta kan kombineras med nudging om tydlighet.

---

<sup>41</sup> Bohne U., Zapico JL, & Katzeff C. (2015). The EcoPanel: designing for reflection on greener grocery shopping practices. *Proceedings of Enviroinfo and ICT for Sustainability 2015*, 22, 221–228. <http://doi.org/10.2991/ict4s-env-15.2015.26>

<sup>42</sup> Svenfelt Å, Zapico JL (2016) Sustainable food systems with ICT? Proceedings of the 4th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2016).

Genom att betona dolda kostnader relaterade till önskade beteenden, såsom hur mycket bilförsäkringar kostar eller hur mycket tid och pengar som slösas bort på flygplatser utöver priset på en flygbiljett, kan dessa beteenden bli mindre frestande. Ett relaterat koncept är **inramning**: det subjektiva värdet av något beror på hur det uttrycks. Till exempel anser några människor att en riskfull kirurgisk operation är oacceptabel om man berättar att 20% av patienterna dör, men att det är värt risken om man berättar att 80% av patienterna överlever. När det gäller miljömål kan det vara betydande att ändra hur miljövärdprogram uttrycks. Att fokusera på hur många djur som dör kan leda till att folk betraktar problemet som olösbart, blir uppgivna eller förnekar problemet<sup>43</sup>. Inramning har ibland ett mer smygande inflytande, till exempel kan lukt och visuell kontext påverka beteende eller till och med svar till enkätundersökningar.

- **Förankring**: När vi gör beräkningar använder vi vanligtvis referenspunkter. Att ge människor en särskilt hög eller låg referenspunkt kommer att ändra deras uppskattningar. Om man ber någon att uppskatta befolkningen i Malmö, kommer personen antagligen att ge olika svar om vi tidigare pratade om befolkningen i New York än om vi pratade om Kiruna. Detta är en vanlig taktik i förhandlingar (fordra för mycket först, så att andra personen kommer överens om ett högre värde), livsmedelsbutiker (att sätta en gräns såsom ”max 5 kg per hushåll” uppmuntrar människor att köpa nära gränsen) och restauranger (att sätta ett mycket dyrt objekt på menyn ökar försäljningen av det näst dyraste objektet). Detta är relevant för miljöcertifieringsprogram (t.ex. för byggnader eller apparater): ett bra sätt att främja ett ”grönt” alternativ kan vara att införa ett ”ultragrönt” alternativ så att människor anser att det ”gröna” alternativet är en bra kompromiss.

#### 2.4.1.3 ANSTRÄNGNINGSKOSTNADEN

En annan typ av nudging handlar om hur lätt det är att genomföra en viss åtgärd. Detta handlar inte om skatter och monetära incitament, förutom om de motsvarar mycket små pengar, eftersom en kärnprincip för nudging är att det inte ska blockera ett specifikt val eller göra det betydligt svårare. Istället handlar den här typen av nudging mer om den kognitiva ansträngningen för att fatta ett eller annat val, eller hur enkelt det är att tänka på en viss åtgärd. Tanken är att göra de önskade beteende så lätta som möjligt:

- **Status quo fördomen**: Vi tycker vanligtvis inte om förändring, och är likgiltiga om många saker. I dessa fall har standardalternativet en stor påverkan, eftersom det mycket sällan kommer att ändras. Nyckeln till att sådan nudging ska vara acceptabel är att det alltid finns ett enkelt

---

<sup>43</sup> Ochoa-Ochoa, L. M., Devillamagallon, R., Nogue, S., & Ladle, R. J. (2015). Distanciation: a key challenge for 21st Century conservation. *Proceedings of Enviroinfo and ICT for Sustainability 2015*, 22, 207–212.

sätt att välja bort standardvalet. Denna typ av nudging används redan i vissa länder för att främja installationen av smarta elmätare i hushållen (de blir standardalternativet, men människor som är oroliga över sekretessproblem kan välja en vanlig elmätare istället). Andra lösningar kan utvecklas, till exempel att sätta ner inomhusvärmen som standard även om den senare kan ändras av användaren, eller använda online handelslistor där ekologiska eller lokala produkter föreslås som standard, med möjlighet att välja mindre miljövänliga alternativ.

- **Frestelse och tanklöshet:** Vi betar oss inte alltid utifrån våra preferenser (till exempel att hålla oss i form), eftersom vi ständigt utsätts för motsägande stimuli (till exempel godis på försäljning nära kassan). Det finns också beteenden som vi gör utan att tänka (till exempel fortsätter människor att äta trots att de är mätta, så länge det fortfarande finns mat framför dem). Här kan IKT spela roll, eftersom det skapas massor av nya stimuli för att konsumera mer. En viktig åtgärd kan vara att göra önskat beteende så tillgängligt och vanligt att människor börjar göra det automatiskt. Ett exempel gällande hemautomatisering kan vara en app som frågar användare om de vill minska temperaturen inomhus varje gång de lämnar huset. En annan åtgärd kan vara självkontrollstrategier där människor frivilligt begränsar vissa aktiviteter. Man kan välja att i förväg begränsa den tid man spenderar på att titta på TV, eller sätta en årlig ”budget” om antal km man får åka bil varje år, eller tävla moten vän om vem som ska använda minst energi en viss månad. Slutligen kan IKT-applikationer hjälpa användarna att påpeka beteenden som bygger på vanor och tanklöshet så att de medvetet kan reflektera över det. Vi har redan nämnt exemplet EcoPanelen som en åtgärd relaterad till tillgänglighet, åtkomlighet och tydlighet,, men det är också ett exempel på tanklös beteende.
- **Misstag:** Människor är glömliga och gör misstag. Intelligent system bör utformas så att det är väldigt svårt att göra ett misstag, och/eller så att misstag har låg påverkan. Denna designprincip är inte ny, och har applicerats mycket. Man kan känna igen det när en bankautomat spottar ut kreditkortet innan man får pengar (det blir omöjligt att glömma kortet) eller när din textbehandlare automatiskt sparar dina ändringar (det blev ofarligt att glömma att spara en fil). Även i förhållande till miljöfrågor är denna typ av nudging vanlig. Automatisering kan användas för att undvika fel, till exempel genom att stänga av ljus och apparater automatiskt när det inte finns någon i rummet, eller genom att växla automatiskt i bilar så att de fungerar på bästa möjliga sätt.

## 2.4.2 Delade ytor och apparater

### 2.4.2.1 DELAT BOENDE

IKT kan göra det enklare att dela rum, så att människor kan leva med samma komfortnivå på färre kvadratmeter. Detta är viktigt med tanke på att man troligtvis kommer att behöva minska boytor betydligt för att nå klimat-



målet. Den tidigare rapporten<sup>44</sup> nämnde två sätt på vilka IKT kan underlätta delandet av boende. Det första sättet är att tillhandahålla tillfälligt boende, t.ex. för semester, genom att matcha resenärer med lokala invånare som kan hyra en extra säng (Airbnb<sup>45</sup>, Couchsurfing<sup>46</sup>). Det andra sättet är att underlätta delandet av ett gemensamt rum mellan flera lägenheter, t.ex. ett gästrum eller tvättstuga. I första fallet är IKT: s roll främst att matcha personer med en resurs (ett ledigt rum) med personer med motsvarande efterfrågan (resenärer). Att matcha människor med en resurs med människor som vill använda resursen är ett kärnbegrepp för kollaborativ ekonomi. Befintliga resurser kan användas mer intensivt, vilket minskar behovet av ny produktion. I andra fallet är IKT: s roll att underlätta bokningen och hanteringen av en gemensam resurs. Vi ska kortfattat nämna andra sätt att använda av IKT i båda dessa roller.

IKT kan användas för att matcha personer med lediga rum med personer som söker boende under längre perioder än bara några dagar eller veckor. I Sveriges stora städer finns det en stor skillnad mellan en mycket hög efterfrågan på bostäder (ofta från ungdomar och invandrare) och en stor mängd utrymme som fortfarande inte används (inklusive sommarhus och pensionärer som bor ensamma i stora hus). En webbplats som försöker lösa denna avvikelse är Ett Tak Två Generationer<sup>47</sup> (ET2G), som matchar studenter som söker boende med pensionärer som vill hyra ut ett extra rum. Detta är ett enkelt system med stor potential. Det kräver ingen fysisk investering alls och ger bostäder utan nybyggnation. System som Airbnb kan uppmuntra människor att resa mer eller att behålla tomma hus bara för att hyra dem till turister. Det är dock osannolikt att ET2G kommer att leda till sådana oönskade rekyleffekter, eftersom studenter skulle behöva bostäder lika mycket utan systemet och de flesta pensionärer inte kommer att flytta till mindre bostäder. Vidare kan detta system ge välbehövlig social kontakt för äldre människor. Detta system skulle även kunna främja social mångfald om invandrare kunde hitta bostäder i lokalbefolkningens hem. De utmaningar som ett sådant system står inför är i första hand relaterad till förtroende och sårbarhet. Tillit kan vara svårt att skapa, särskilt mellan människor från olika generationer och/eller olika kulturer. Dessutom är äldre, studenter och invandrare utsatta för exploatering, vilket gör det ännu viktigare att skapa förtroende. System som Airbnb bygger på ett granskningssystem för att säkerställa att alla beter sig ordentligt: hyresgästen och ägaren kan recensera varandra efter hyresperioden. En person som regelbundet får dåliga recensioner kommer troligtvis inte bli accepterad i framtiden. Det finns inget sådant system i ET2G, som fungerar på längre sikt än Airbnb. Istället ger ET2G ett ramverk för att organisera möten mellan ägare och potentiella hyresgäster,

---

<sup>44</sup> Höjer M, Moberg Å, Henriksson G (2015) Digitalisering och hållbar konsumtion. Stockholm.

<sup>45</sup> <http://airbnb.com/>

<sup>46</sup> <https://www.couchsurfing.com/>

<sup>47</sup> <http://www.ettaktvåggenerationer.se/>

kontraktsmallar, säkra betalningslösningar och stöd till människor som är missnöjda med situationen.

IKT kan också användas för att underlätta förvaltningen av gemensamma ytor. Ett sådant system är redan vanligt, t.ex. för tvättstugor. Det kan användas för förvaltningen av gemensamma rum, t.ex. för föreningar, och av gemensam utrustning. Lokaler såsom kontor, skolor och mötesplatser för föreningar är ofta tomma flera dagar i veckan. Ett lätt sätt att hantera sådana platser mellan olika användare kan göra det möjligt för flera organisationer att dela samma rum. Ett företag kan till exempel hyra ut mötesrum till en förening under helgen. Detta kan öka utnyttjandet av befintlig infrastruktur men kan också möjliggöra nya sätt att bygga nya bostäder. Om effektiva system för förvaltning av delade rum och resurser blir vanliga, skulle kollektivhus där invånarna har ett individuellt rum och delar gemensamma anläggningar bli mer populära. Delningsbaserad livsstil kan göra det möjligt för människor att leva med lämplig komfort men med färre kvadratmeter per person, genom att dela på kök, badrum, etc. Huvudutmaningen handlar också om tillit och respekt av det sociala kontraktet mellan invånarna, t.ex. när det gäller regler, buller och hygien.

#### 2.4.2.2 DELADE APPARATER

IKT kan också användas för att underlätta delandet av hushållsapparater, särskilt apparater som sällan används och/eller kostar mycket att köpa eller underhålla. Olika nystartade företag försöker återskapa Ubers framgång med bilar och uppmuntra människor att hyra ut sina apparater. De lyckas inte alltid. Washio samlade till exempel in 1,3 miljoner dollar 2013 för att skapa en plattform för att dela tvättmaskiner, men stängde 2016. Å andra sidan fungerar Peerby<sup>48</sup>, en holländsk plattform för att låna apparater gratis, fortfarande bra. Problemet för dessa webbplatser är att hitta en lönsam affärsmodell: efterfrågan minskar drastiskt när kunder måste betala för delningstjänsten. Detta är en anledning till Peerbys framgång, som hittills har varit helt gratis. I vissa fall kan sådana tjänster vara ideella eller subventionerade för att vara lönsamma. Miljöpåverkan av sådana tjänster är osäker: det kan leda till att människor köper färre apparater, men effekten blir kanske liten. Det finns också en risk för rekyleffekter, ifall människor spenderar de pengar de sparade på andra apparater. Det finns även en risk att uppmuntra inköp, ifall folk köper en apparat eftersom de provade den genom att låna den från en granne.

#### 2.4.2.3 DELADE KONTOR

Utöver bostäder kan IKT användas för att hantera flexibla arbetsplatser. Istället för att ha ett eget rum eller skrivbord på ett kontor kan vissa kontorsarbetare arbeta minst deltid på distans. Då kan de hitta en lämplig arbetsplats hemma, i en kontorsbyggnad anpassad för flexibla arbetsplatser (t.ex.

---

<sup>48</sup> <https://peerby.com/>

LiquidSpace<sup>49</sup>, WeWork<sup>50</sup>), eller i en privatpersons hus (t.ex. Hoffice<sup>51</sup>). IKT kan också ersätta arbetsrelaterade resor genom virtuella möten. Online-fildelningstjänster, voice-over-IP och video-over-IP-program såsom Skype och mötesrum med skärmar och högkvalitativa mikrofoner gör det möjligt för medarbetare att samarbeta på projekt även om de sällan kan träffas.

Detta har flera potentiella fördelar. Med hjälp av sådana system skulle flera kontorsarbetare kunna dela på samma rum eller bord, vilket minskar behovet av att bygga nya kontor och minskar ytan oanvända kontor som värms upp varje dag. Genom att främja flexibilitet och underlätta distansarbete kan dessa system dessutom underlätta minskningen av arbetsrelaterade resor, särskilt pendling på landet. Dessutom kan distansarbete också undvika långa affärsresor, som vanligtvis utförs med flyg. Då behöver IKT tillhandahålla online-interaktioner som är så högkvalitativa som möjligt, så att virtuella affärsmöten och virtuellt deltagande till konferenser blir lämpliga alternativ. Dessutom kan IKT göra det möjligt för resenärer att jobba på tåget, med t.ex. internet ombord. Kontorsarbetare skulle vara mer benägna att åka tåg för affärsresor om de kunde arbeta på tåget med samma effektivitet som på kontoret.

De flesta av dessa lösningar ser lovande ut vad gäller mer effektivt nyttjande av yta, även om de hittills oftast ger begränsade minskningar.

### 2.4.3 Strukturella förändringar

IKT kan förbättra vissa processers effektivitet, undvika miljöskadliga aktiviteter och främja miljövänliga beteenden, men inkrementella förbättringar är inte tillräckliga för att nå miljömålen. Det som kanske är viktigare är IKTs potential att påverka samhället i större utsträckning, genom att påverka hur vi planerar och använder utrymme, vår kultur, beteende, vanor etc. Sådana strukturella förändringar kallas ibland ”mjuk omvandling”.

Ett exempel på sådan omvandling kan till exempel vara när butiker i stadskärnor försvinner. Med utvecklingen av e-handel, onlinetjänster, flexibel produktion och effektivare leverans blir butiker mindre och mindre nödvändiga. De skulle även kunna försvinna helt och hållet på lång sikt, vilket skulle påverka hur stadskärnor organiseras.

När det gäller beteenden kan våra normer förändras gällande vad vi anser vara värdefullt. Om en tjänsteekonomi utvecklas baserat på delade ytor och lättillgängliga apparater, skulle man till exempel kanske fokusera mindre på ägande i framtiden, och mer på erfarenhet och service. Detta kan leda till minskad konsumtionen av varor. Om distansarbete och virtuella möten blir vanliga skulle kontorslokaler kunna byggas om för andra syften, och människor skulle bli vana att inte ha ett eget skrivbord på kontoret.

---

<sup>49</sup> <https://liquidspace.com/>

<sup>50</sup> <https://wework.com>

<sup>51</sup> <http://hoffice.nu/>

Om produktionen automatiseras skulle antalet arbetstimmar minska, och människor skulle spendera mer tid på kreativa hobbies, självförsörjning eller vård av barn, sjuka och äldre släktingar. De skulle också kunna ta mycket längre semestrar, vilket skulle låta dem resa med tåg eller andra långsammare fordon istället för flyg. Man kan föreställa sig en förändring i resandets värde: i stället för att resa för några dagar eller veckor varenda månad, skulle folk använda onlinetjänster för att kommunicera med sina kollegor och släktingar, men resa några gånger under sin livstid i flera månader eller även år i rad. Det är svårt att förutse hur man medvetet startar sådana transitioner, men IKT kan vara en kraftfull hävstång för att utlösa mer radikal förändring.

## 3 Policy

### 3.1 Policyprinciper

#### 3.1.1 IKT är ett verktyg för att nå ambitiösa mål

Policyprogram som syftar till att använda IKT för att nå miljömål bör använda miljömålen som utgångspunkt. Miljömålen bör ligga i fokus under hela policyprocessen, och varje åtgärd bör bedömas enligt dess påverkan på relevanta miljöindikatorer. Att använda IKT är inget mål, utan ett möjligt verktyg som inte ska användas för sin egen skull. Vissa IKT-åtgärder blir trendiga men bidrar bara till små förbättringar. Detta kan exempelvis vara fallet för ridesourcing, nudging om husållselanvändning eller lokalt producerad mat. Åtgärder som ger små fördelar kan vara nyttiga, men de bör inte få alltför stor uppmärksamhet eller andel av investeringarna. Beslutsfattare bör aldrig överväga dessa åtgärder och tänka att de är ”tillräckligt bra” och att genomförandet av inkrementella åtgärder räcker när omfattande förändringar behövs.

Eftersom miljömål bör vägleda policyutveckling kan ett relevant policypaket inkludera IKT-åtgärder samt lämpliga icke-IKT-åtgärder. Ett sådant paket kan inkludera åtgärder som interagerar med varandra. Till exempel kan en koldioxidskatt introduceras för att motverka en ökning av resan från en annan åtgärd, och subventioner kan introduceras ifall koldioxidskatten skulle minska resmöjligheter för låginkomsthushåll. Varje åtgärd bör bedömas för att uppskatta om den bidrar till att uppnå målet. Dessutom bör varje åtgärd bedömas inte enbart enligt dess individuella påverkan, men enligt dess påverkan som en del av ett policypaket. Med andra ord, för varje åtgärd som läggs till i ett policypaket, bör effekterna av paketet uppskattas med och utan denna ytterligare åtgärd.

Ett fokus på miljömål i policyutveckling kanske leder till slutsatsen att åtgärder som syftar till att förbättra nuvarande praxis inte är tillräckliga för att nå vissa ambitiösa miljömål. Detta skulle betyda att det behövs mer radikala förändringar, såsom förändringar i livsstil och konsumtionsmönster, i ekonomin, i hur städer planeras osv. Sådana övergångar kan både vara nödvändiga och mycket komplicerade att initiera. Den här rapporten kan inte besvara frågan om hur man utför dessa förändringar, eller om hur IKT kan bidra till dessa. Men kanske är det en helt avgörande faktor för vilken betydelse IKT får för miljömålen..

#### 3.1.2 Kollaborativa, juridiska och organisatoriska ramverk behövs

Många IKT-tillämpningar inkluderar produkter och tjänster som inte kan jämföras med någon existerande produkt eller tjänst. Dessa kommer att förändra konsumtionsvanor och affärsmodeller. Ofta leder sådan nya teknik till juridiska konflikter. Så är fallet redan idag, när företag såsom Uber utvecklas utan ett lämpligt juridiskt ramverk, och sedan står inför juridiska problem (i många länder har Uber anklagats för att olagligt konkurrera med taxibilar). Liknande juridiska problem kommer säkert att uppstå med andra

IKT-tillämpningar. Utmaningen är att se till att sådana nya tillämpningar inte bara utnyttjar en juridisk brist och utvecklas på ett oreglerat sätt, samtidigt som man ser till att lagen inte hindrar utvecklingen av fördelaktig teknik. Ett exempel är utvecklingen av självkörande fordon. Å ena sidan behövs regler gällande vem som ansvarar för olycksfall och för att garantera säkerhet, inklusive aspekter som endast avser självkörande fordon, såsom cybersäkerhet. Å andra sidan skulle nuvarande säkerhetsregler för hur bilar byggs och drivs begränsa självkörande fordons potential för effektivitetsvinster: om självkörande fordon kan minska olycksfallsrisker betydligt skulle de kunna tillverkas med lättare material och använda mindre säkerhetsavstånd mellan fordon. På samma sätt kommer drönare troligtvis att behöva helt nya regler.

Utöver juridiska frågor om vad som är tillåtet och vad som inte är det finns det standardiseringsfrågor om hur miljöpåverkan av ny teknik bedöms. Med sakernas internet kommer man till exempel behöva standarder om hur man beräknar miljöpåverkan av att bearbeta en stor mängd data. Med servrar över hela världen som använder mycket olika energimix, är det här en komplex uppgift som inte kan lösas med hjälp av nuvarande LCA-verktyg. LCA-metoder kan därför behöva utvecklas. Ett annat exempel är certifiering för livsmedel som produceras i vertikala urbana gårdar. I Sverige argumenterar Plantagon för att maten som produceras är hälsosam, miljövänlig och fri från pesticider. Den kan dock inte få KRAV-certifiering. Plantagon lobbyar för att detta ska förändras. För andra IKT-åtgärder som används för att minska miljöpåverkan är problemet hur man betraktar rekyleffekter vid bedömning av miljöpåverkan. En tjänst för att dela apparater som vill marknadsföra sig själv som en lösning för att minska miljöpåverkan kommer att ha det svårt att kvantifiera dess faktiska påverkan: människor kan låna apparater istället för att köpa dem, men de kan då använda de pengar de sparade för att konsumera mer. Om en åtgärd bevisas ha positiva miljökonsekvenser kan man dock skapa lämpliga certifieringar för att främja denna åtgärd.

Dessutom kan anslutna apparater tillhandahålla en mängd data som kan revolutionera LCA och låta beslutsfattare fatta mer informerade beslut om miljöpåverkan. Databaser måste vara tillgängliga, och LCA-verktyg måste anpassas för att samla och använda dessa data. Om data blir mer och mer tillgängliga kan standarderna anpassas och inkludera mer och mer stringenta krav på miljödata och beräkning av miljöpåverkan. Dessa krav skulle dock kräva att företag använder IKT i försörjningskedjan, annars får de inte tillräckligt bra data. Regler borde tillgodose dessa skillnader och sätta olika ambitionsnivåer för anslutna och icke-anslutna varor.

Utöver regler och certifieringsstandarder behövs plattformar för att organisera och lyfta upp praxis som annars skulle vara marginella. Effekten av webbsidor för delningsekonomi kan förbättras genom att skapa ett nationellt nätverk som listar och organiserar alla lokala initiativ så att alla enkelt kan få information om var och hur man ska delta i den lokala delningsekonomi.

En nationell plattform skulle möjliggöra samordning och standardisering av olika initiativ, medan lokala plattformar kan göra delningstjänster mer lättillgängliga för lokalbefolkningen. Sådana plattformar skulle kunna vara offentliga initiativ, eftersom privata delningsföretag ibland har problem med att vara lönsamma.

Att organisera nätverk och forum kan också vara ett sätt att samordna en sektors övergång till ny teknik och praxis. Till exempel kommer utvecklingen av Industri 4.0-tekniker såsom Smarta Fabriker att kräva omfattande kommunikation och samarbete mellan privata och offentliga aktörer. Detta skulle säkerställa att regler och teknik både utvecklas på ett lämpligt sätt och att miljömål integreras som designmål när ny teknik utvecklas, och inte läggs på senare. Denna typ av åtgärd är förmodligen viktig för att förbättra miljödatainsamling. Dessutom skulle det troligtvis leda till en snabbare teknisk utveckling, eftersom aktörer kan samarbeta och utbyta idéer.

I många fall kan det behövas mer samarbete mellan den offentliga och privata sektorerna. Exempelvis bör utvecklingen av nya transporttjänster integreras och regleras i transportplanering, så att de kan komplettera kollektivtrafik i stället för att konkurrera med den. I andra fall behövs ett sådant samarbete eftersom de nödvändiga miljöåtgärderna kanske inte är ekonomiskt lönsamma. Det verkar nödvändigt att minska konsumtion av varor, men vilket företag skulle åta sig att sälja färre produkter? Nya affärsmodeller kan behövas. Privata aktörer måste anpassa sig till dem, och offentliga aktörer bör hjälpa dem och säkerställa t.ex. att en minskning av konsumtion inte kommer att leda till negativa sociala konsekvenser såsom arbetslöshet och fattigdom.

### 3.1.3 Rekyleffekten måste hanteras

Flera åtgärder riskerar att bara inte bli så bra som det skulle kunna bli eller till och med att ha en nettonegativ miljöpåverkan, på grund av en rekyleffekt. Det gäller t.ex. 3D-skrivare, bildelning, självkörande fordon, distansarbete, samt de flesta energieffektivitetsåtgärder. Miljömässiga fördelar med en åtgärd kan minskas på grund av:

- Åtgärden minskar produktens pris eller gör den mer attraktiv, därför börjar konsumenterna använda den mer (primär rekyleffekt). Bättre energieffektivitet för bilar kan leda till att människor kör mer, vilket leder till en lägre minskning av total bränsleanvändning.
- Åtgärden minskar produktens pris, därför spenderar konsumenterna de pengar de sparade på andra produkter (sekundär rekyleffekt). Bättre bränsleeffektivitet för bilar kan leda till att konsumenten köper en ny mobil med de pengarna den sparade.
- Åtgärden minskar priset på andra relaterade varor, skapar nya ekonomiska möjligheter och driver ekonomisk tillväxt (tertiär rekyleffekt). Bättre bränsleeffektivitet för bilar kan leda till nya möjligheter för turism eftersom det blir billigare att resa. Detta skulle främja turismens tillväxt och därigenom öka miljöpåverkan.

Dessutom finns det mer komplexa kognitiva effekter som inte är relaterade till priser. Till exempel utför personer en mental redovisning av ”goda gärningar” och brukar bete sig mer miljöskadligt när de tycker att de annars beter sig bättre än genomsnittet. Sådana uppskattningar kan vara förvrängda: om till exempel konsumenter börjar tänka att det är okej att flyga eftersom de ibland köper ekologisk mat. Det är därför viktigt att kommunicera rätt miljöinformation för konsumenterna: man måste veta vilka åtgärder som är viktiga.

Rekyleffekter är svåra att förutsäga, särskilt för ny teknik. De varierar mellan några procent och mer än 100% (vilket betyder att en energi-effektivitetsåtgärd skulle öka den totala energianvändningen). Sådana rekyleffekter kräver kompletterande åtgärder, dvs. åtgärder som inte hjälper med de huvudsakliga policymålen på ett direkt sätt, utan förstärker effekterna av en primär åtgärd eller motverkar dess negativa effekter. Rekyleffekterna måste identifieras och behandlas genom att öka miljökrav eller beskatta produkter vars konsumtion skulle öka. En möjlighet att ta itu med primära rekyleffekter är att kompensera förbättringar i resurseffektivitet med motsvarande skattehöjningar, så att priserna är stabila för konsumenten när effektiviteten ökar. Detta kan dock försvaga tillverkarnas incitament att förbättra effektiviteten: om mer resurseffektiva produkter inte är billigare, förlorar de en viktig konkurrensfördel. När det gäller sekundära och tertiära rekyleffekter är det viktigt att se till att konsumenter inte använder en ökning av köpkraft till att köpa mer miljöskadliga varor, och att ekonomin utvecklas mot allt lägre miljöpåverkan. En viktig princip i detta avseende är ”förorenaren betalar”-principen. Tanken är att produkter och tjänster ska beskattas i förhållande till deras miljöpåverkan. Detta kan uppnås genom att bedöma miljöprestanda för alla produkter eller produktkategorier och beskatta dem enligt den beräknade miljöpåverkan. Att tillämpa denna princip skulle säkerställa att de pengar som sparats på grund av effektivitetsvinster som har små miljökonsekvenser (t.ex. effektivare apparater) inte används för att köpa mycket miljöskadliga varor och tjänster (t ex flygresor). Detta kräver dock förbättringar i LCA-metoder och datatillgänglighet.

Miljöpåverkan är kopplad till köpkraft, och personer med högre inkomst brukar förorena mer. Ökad resurseffektivitet är inte tillräcklig; det som behövs är en minskning av total resursanvändning, vilket troligtvis innebär en minskning av konsumtion. Därför måste tekniska åtgärder och skatteåtgärder kompletteras med beteendeåtgärder som främjar hållbara livsstilar. På kort sikt kan detta innebära åtgärder fokuserade på hållbar konsumtion, såsom utbildningskampanjer och nudging. Primära rekyleffekter kan motverkas till exempel genom att ge användarna feedback om deras miljöpåverkan, så att de reflekterar över sin konsumtion. Sekundära rekyleffekter kan motverkas med övergripande kampanjer för ökad medvetenhet. På längre sikt verkar övergripande åtgärder för att frivilligt minska konsumtion och förändra konsumtionsmönstren vara nödvändiga för att nå miljömålen.



Det kan exempelvis innebära nya indikatorer för att mäta framgång, baserade på miljö kvalitet och människors välbefinnande i stället för ekonomisk tillväxt. Detta kan också innebära en begränsning av köpkraften på grund av beskattning eller kortare arbetstider.

Hantering av rekyleffekter är en svår fråga, och de generiska principerna som nämns ovan är inget tillfredsställande svar. De skulle behöva undersökas mer från fall till fall. En slutsats som kan dras är dock att beslutsfattare bör vara försiktiga med de utlovade fördelarna med ny teknik eller vissa åtgärder. Rekyleffekter är vanliga, och effekterna av miljöpolicy brukar vara lägre än förväntat på grund av oväntade negativa effekter. Uppskattningar varierar mycket, men flera studier har visat primära rekyleffekter på cirka 10–30% vid personlig uppvärmning, belysning och transport, och mycket högre effekter upp till 60–80% kan observeras för mycket energiintensiva industrier och lastbilstransporter. Detta inkluderar endast primära rekyleffekter, inte sekundära och tertiära effekter. Vid bedömningen av potentiella fördelar med nya IKT-åtgärder bör därför möjliga rekyleffekter inkluderas i uppskattningar.

#### **3.1.4 Beteendeåtgärder kan vara relevanta, men de skapar nya problem**

Som nämnts ovan behövs beteende- och livsstilsförändringar för att nå miljömålen. På kort sikt är nudging ett kostnadseffektivt sätt att främja hållbara konsumtionsvanor. På längre sikt behövs mer ambitiösa livsstilsförändringar. Att använda policy för att förändra beteende är dock ingen enkel uppgift: för det första, eftersom det inte alltid är möjligt att påverka konsumtionsmönster och livsstil med nudging; och för det andra eftersom åtgärder som syftar till att påverka beteendet innebär etiska och demokratiska problem.

Det första problemet är att nudging har blivit trendigt, men ibland lovar för mycket. Det är sant att mycket signifikanta effekter har uppnåtts med viss nudging, till exempel genom att ändra standardalternativet för pensionsplaner för att uppmuntra människor att spara mer. Det är dock också möjligt att den mest effektiva nudgingen redan används. Det finns ingen garanti att nudging kan användas för att minska miljöpåverkan inom varje område, och säkerligen ingen garanti att effekten av ny nudging är lika stor som effekten av den redan mest framträdande och välkända nudgingen. Dessutom bör det noteras att vissa studier av nudging, t.ex. om detaljerad feedback för att minska hushållselanvändning, överskattar långsiktiga fördelar. Sådana studier har ibland en kort tidshorisont, men effekten av nudging minskar ibland efter några månader när folk blir vana vid den.

Nudging kan vara en relevant åtgärd för att uppmuntra hållbart beteende på kort sikt, eftersom det är mycket billigt att genomföra. Men den kan vanligtvis bara minska miljöpåverkan med några procent, så det är inte alls tillräckligt. Beslutsfattare bör se till att nudging implementeras på ett effektivt sätt, genom att regelbundet bedöma effekterna och genom att se till att de inte minskar med tiden. Dessutom bör nudging alltid kopplas ihop med kompletterande tekniska och/eller ekonomiska åtgärder inom ett policypaket. Slutligen bör beslutsfattare planera för mer ambitiösa långsiktiga åtgärder som syftar till att uppnå hållbara livsstil med mer radikala förändringar.

Den andra frågan är mer problematisk och handlar om etik och demokrati: får politiker medvetet försöka ändra folks beteende? Borde en regering genomföra top-down åtgärder för att påverka medborgarnas beteende? Kan man övervaka nudging eller välja bort den, om hela poängen med nudging är att den är subtil? Vem bestämmer vad ett ”önskat beteende” är, och var går är gränsen för acceptabel nudging?

Alla dessa argument är högst relevanta. De innebär att nudging bör styras av principer om valfrihet och öppenhet. Valfrihet innebär att människor alltid ska kunna välja någonting annat än det önskade beteendet om de verkligen vill. Detta är särskilt relevant för nudging som handlar om att byta standardalternativet: att välja ett annat alternativ måste vara så enkelt som möjligt.

Öppenhet innebär att nudging ska offentliggöras och att alla ska vara medvetna om den och kunna få tillgång till information om dem.. Dessa skyddsprinciper bör säkerställa att människor kan välja bort nudging som är emot deras intresse, att nudging skapas med medborgarnas välbefinnande som huvudmål och att manipuleringsåtgärder såsom subliminala budskap utesluts.

Liknande principer om öppenhet och respekt för medborgarna bör användas för att styra policy om långsiktiga livsstilsförändringar, men frågan blir då mycket mer komplex och kräver debatt på samhällsnivån. Om vi genomför en sådan övergång behövs mer än nudging.

IKT interagerar med policyåtgärder på två huvudsakliga sätt. Å ena sidan kan en IKT-åtgärd möjliggöra policyåtgärder: till exempel kan smarta apparater och sakernas internet möjliggöra en mer omfattande insamling av miljödata, vilket gör det möjligt för politiker att kräva tillhandahållandet av LCA-data för nya produkter. Å andra sidan kan IKT-åtgärder behöva stöd i form av policyåtgärder för att underlätta deras genomförande eller motverka rekyleffekter. Till exempel kan en koldioxidskatt användas för att säkerställa att 3D-skrivarna inte ökar konsumtion. Det räcker inte att bara lista alla möjliga sätt som IKT kan användas i förhållande till miljömål. Därför ger vi nedan en översikt över hur IKT-åtgärder interagerar med varandra och med policyåtgärder inom olika sektorer. Sektion 2 var en lista över IKT-åtgärder fördelade på åtgärder relaterade till produktion, energisystem, transport och konsumtion. Nedan sorteras istället åtgärder efter områdena gods, resande, boende och mat. Vi pekar på möjliga synergier eller konflikter mellan åtgärder (både IKT- och policyåtgärder), samt potentiella hotspots där policy har en nyckelroll att spela.

## 3.2 Gods

Konsumtionen av varor motsvarar cirka 15% av växthusgasutsläppen från privatkonsumtion i Sverige. Man kan dela detta policyområde i tre olika områden: ”Miljövänligare produktion av varor”, ”Minskad konsumtion av varor”, och ”Effektivare försörjningskedja”.

### 3.2.1 Miljövänligare produktion av varor

Det första sättet på vilket IKT-åtgärder kan bidra till att minska miljöpåverkan från konsumtion av varor är att påverka hur varor produceras.

#### 3.2.1.1 MODELLERINGSMJUKVAROR

Modelleringsmjukvaror gör det möjligt för designers att utvärdera miljöpåverkan redan i designskedet, och hitta möjliga sätt att minska den. Huvudproblemet är att sådana mjukvaror för närvarande är inriktade på lönsamhet och prestandaförbättringar snarare än miljöpåverkan. Nya versioner av sådana programvaror bör utvecklas för att integrera miljöhänsyn som en kärnaspekt. Beslutsfattare kan inte tillhandahålla sådana designverktyg, men de kan främja efterfrågan på dem på två sätt. För det första kan de samordna insatser riktade mot att öka användningen av IKT i den privata sektorn genom exempelvis en nationell plan för industri 4.0 där miljöhänsyn skulle vara ett viktigt tema på agendan. Detta kan innefatta ett nationellt forum för att främja nya designlösningar och öppenhet i miljödata från designskedet. I upphandling kan offentliga myndigheter också visa intresse för varor som visar en lovande låg miljöpåverkan redan i designskedet. För det andra, när det finns lättillgängliga designverktyg som möjliggör en omfattande inkludering av miljödata i designskedet, kan offentliga myndigheter gradvis kräva att svenska industrier gör denna typ av data tillgänglig. Problemet är dock att detta kan vara oförenligt med industriella hemligheter.

#### 3.2.1.2 SMARTA FABRIKER

Smarta fabriker, där alla produktionsprocesser automatiseras och fabriken till och med kopplas ihop med leverantörer, kunder och liknande fabriker, kan möjliggöra mycket effektivare produktion. De kan minska material- och energiförbrukningen och undvika överproduktion genom att anpassa produktionen till efterfrågan. Om de implementeras globalt i kombination med förutsägelser av efterfrågan kan varor också produceras var och när de behövs. Fördelarna är dock osäkra, och miljöpåverkan kommer sannolikt minska endast om miljöhänsyn är ett viktigt mål i utformningen av den tekniska infrastrukturen i industri 4.0 från början. Som ovan kan en nationell plan för att samordna utvecklingen av industri 4.0 styra vilket mål som är avgörande för teknisk utveckling. Smarta fabriker kan dessutom bedömas och certifieras till exempel utifrån miljöpåverkan.

#### 3.2.1.3 3D-UTSKRIFT

När det gäller produktionsteknologi kan 3D-utskrift förändra hur varor produceras betydligt. Tekniker som används i fabriker kan förändras, och 3D-skrivare kan till och med användas av butiker eller enskilda hushåll för att producera varor var och när de behövs. Miljöpåverkan av sådana tekniker är dock mycket osäker. Det är hittills tveksamt om 3D-utskrift är effektivare än konventionella metoder. Effekterna är dessutom mycket beroende på

sammanhanget där 3D-utskrift används, och särskilt på konsumenternas livsstil, eftersom det finns risk för överkonsumtion och produktion av engångsprodukter. En viktig åtgärd är därför att förstärka LCA för 3D-utskrivna produkter, se till att miljödata är tillgängliga och räkna ut om de är mer eller mindre miljöskadliga än andra produkter. Utvärderingarna bör innehålla aspekter som är specifika för 3D-utskrift, såsom mängden energi inbyggd i tryckmaterial eller risken att kvalitet minskar och fel blir vanligare. När miljödata är tillgängligt bör priserna avspegla miljöpåverkan så mycket som möjligt: detta kan realiseras med hjälp av koldioxidskatter och subventioner. Det är viktigt att säkerställa att 3D-utskrift inte leder till överkonsumtion. Prissignaler spelar en viktig roll i detta avseende (om 3D-utskrift är miljöskadligt, skulle det kunna göras dyrare genom till exempel miljöskatter, och människor skulle då skriva ut färre objekt). Dessutom bör man genomföra kompletterande åtgärder för att minska risken för överkonsumtion. Beteendeåtgärder såsom nudging bör säkerställa att 3D-utskriftens miljöpåverkan tydliggörs och att konsumenter inte skriver ut ”bara för att det är enkelt”. Dessutom bör utvecklingen av 3D-utskrift ske i samband med mer övergripande förändringar i livsstil och konsumtionsmönster. Å andra sidan möjliggör 3D-utskrift en synergi med modulära apparater, eftersom reservdelar lätt kan skrivas ut.

#### 3.2.1.4 FÖRBÄTTRINGAR I LCA

För att säkerställa att nya IKT-baserade produktionstekniker faktiskt uppnår miljöförbättringar är det nödvändigt att noggrant bedöma deras påverkan med LCA. Att förbättra LCA för alla produkter skulle faktiskt kunna förändra konsumtion och främja mer miljövänliga produkter. LCA kan göra det möjligt för konsumenter att fatta mer informerade val om vilken produkt de ska köpa. LCA kan också göra det möjligt för regeringen att beskatta eller subventionera produkter baserat på deras miljöprestanda, så att miljöpåverkan återspeglas i priserna. Potentialen att använda sakernas internet för att få bättre LCA data har dock hittills inte utnyttjats. Miljömålen måste vara framträdande från början, som designmål för tekniker relaterade till sakernas internet. Beslutsfattare kan också främja denna utveckling genom att kräva att miljödata tillhandahålls när det blir tekniskt genomförbart. Ett område där LCA kan bli mer komplicerat är själva IKT: det kan vara svårt att bedöma miljöpåverkan av apparater med flera högraffinerade komponenter, som skickar data till servrar över hela världen. Särskilt i det fallet är öppenhet och tillhandahållande av data nödvändigt. Det bör noteras att LCA möjliggör synergier med många andra IKT-tillämpningar. LCA säkerställer att negativa konsekvenser av andra tekniker kan bedömas och undvikas. LCA kan i sin tur kompletteras av andra tekniker, genom att göra det enklare att kommunicera LCA resultat. Detta gäller framför allt nudging baserad på information till konsumenter (t.ex. beräkningar av deras miljöpåverkan) och användning av QR-koder som konsumenter kan skanna för att ta reda på en produkts miljöpåverkan.

### 3.2.2 Minskad konsumtion av varor

#### 3.2.2.1 3D-UTSKRIFT OCH MODULÄRA APPARATER

Som nämnts ovan finns det en risk att 3D-utskrivna varor och modulära produkter leder till ökad konsumtion. Dessa kan dock också möjliggöra en minskning av konsumtion, genom att byta felaktiga komponenter och reparera produkter istället för att köpa nya. Det viktigaste är att utvecklingen av dessa tekniker sker samtidigt som ambitiösa övergripande förändringar i beteenden, livsstilar och kultur. Hållbarhet och reparerbarhet bör vara kärnaspekter och designmål för sådana tekniker. Miljöpåverkan bör bedömas och tydligt kommuniceras till konsumenten med hjälp av miljömärkning eller koldioxidskatter. Ambitiösa livsstilsförändringar behövs, men första steget kan vara att kommunicera för att främja ”gör det själv”-kunskap och värdet av reparerbarhet.

#### 3.2.2.2 TJÄNSTE EKONOMI

Ett annat sätt att minska ägandets betydelse i våra livsstilar är att övergå till en tjänsteekonomi. Tanken är att fokusera på tillgång till tjänster, såsom transport till ett visst ställe eller tillgång till internet, i stället för ägande av relaterade varor, såsom bilar och datorer. Denna åtgärd är inte särskild IKT-relaterad, men den är mycket synergistisk med IKT-åtgärder såsom modulära apparater och uppkopplade objekt. Konsumenterna skulle enkelt kunna hyra moduler under en begränsad tid istället för att köpa dem (till exempel hyra en bättre kamera för sin mobil under en resa). Modularitet skulle göra det lättare för affärer att ta tillbaka och reparera apparater. Anslutna objekt kan automatiskt signalera vid fel och föreslå en lösning. De miljömässiga fördelarna med en tjänsteekonomi är osäkra. En minskning av miljöpåverkan kommer endast att uppnås om apparater ersätts endast vid behov. Detta kräver mjukvaru- och hårdvarukompatibilitet mellan nya och gamla apparater, så att de inte blir obsoleta för snabbt. Tjänster bör också noggrant definieras för att begränsa risken för att gamla produkter ersätts av för snabbt när nyare modeller utvecklas. Till exempel borde man erbjuda tjänsten ”tillgång till en fungerande smartphone med följande specifikationer...” i stället för ”tillgång till den nyaste smartphone av varumärke X”.

Ett annat problem med tjänsteekonomin är att det hittills är en marginell praxis. För att främja tjänsteekonomin bör beslutsfattare se till att ett lämpligt regelverk utvecklas. Det kan också vara fördelaktigt att samordna initiativ på nationell nivå, eller att skapa en plattform för delning och tjänsteekonomin på lokal nivå så att sådana initiativ blir mer framträdande. Ett mer direkt sätt att främja delningsekonomin skulle vara att beskatta dessa tjänster annorlunda än varor, och göra det billigare att hyra en apparat än att köpa den. Förutom incitament och lämpliga regler och standarder är dock utvecklingen av dessa affärsmodeller en fråga om privata initiativ.

### 3.2.2.3 DELADE APPARATER

Precis som serviceorienterade lösningar kan delningen av apparater göra det möjligt för människor att använda apparater utan att äga dem. Delning kräver åtgärder som i stor utsträckning liknar åtgärder för tjänsteekonomi, såsom samordning på lokal och nationell nivå för att underlätta tillgång till sådana tjänster. IKT-åtgärder såsom lättanvändbara appar har en viktig roll att spela för att främja delningstjänster. Ett problem är att företag som tillhandahåller delningstjänster sällan är lönsamma, vilket begränsar privata initiativ. Möjliga lösningar kan vara att göra sådana webbsidor offentliga istället, eller underlätta ideella initiativ. Ett annat problem är att miljöfördelar är osäkra, och delning kan i vissa fall leda till överkonsumtion. Denna rekyl-effekt måste motverkas genom lämpliga skatter eller övergripande livsstilsförändringar.

### 3.2.2.4 BETEENDEÅTGÄRDER

Åtgärderna ovan minskar konsumtion genom att antingen öka reparerbarhet eller ersätta ägande med tillgång. På ett mer övergripande sätt bör dock beteenden förändras. Livsstilar bör baseras på värden som inte handlar om ägande, och konsumenterna bör välja att konsumera mindre. Livsstilsförändringar är nödvändiga kompletterande åtgärder för många andra åtgärder, men dessa är kanske de svåraste åtgärderna att genomföra.

Nudging för att minska energianvändning innehåller information om energianvändning till konsumenter samt automatisk avstängning av inaktiva apparater. Nudging för att minska elanvändning har oftast små (men inte obetydliga) miljöeffekter.

De viktigaste åtgärderna är de som ska minska konsumtion av varor. E-handel gör det allt enklare att köpa produkter, vilket kan leda till överkonsumtion. Miljöpåverkan bör vara mer framträdande på sådana webbplatser. Överkonsumtion kan också motverkas genom att tillhandahålla viktig och lättillgänglig miljöinformation i affärer, till exempel genom QR-koder som skannas av konsumenter. De två viktigaste policyåtgärder som krävs för att genomföra denna nudging är att utveckla bättre och lättillgängliga LCA-data, och att kräva att dessa data kommuniceras till konsumenten på ett tydligt sätt, genom att använda QR-koder på produkter och presentera miljödata på ett standardiserat och lättförståeligt sätt.

Nudging är emellertid ofta svårt att utföra eller har en effekt som är svårt att förutsäga (till exempel: leder de till långsiktiga förändringar eller minskar effekten efter några månader?). Ibland har de en låg acceptans, och de kan leda till etiska problem ifall medborgare invänder mot att regeringen påverkar hur människor konsumerar. Till exempel skulle tillhandahållandet av bättre miljöinformation säkert vara lätt att acceptera, men åtgärder som gör det jobbigare att köpa vissa produkter (till exempel att märka CO<sub>2</sub>-intensiva produkter med etiketter som liknar tobaksvaror) skulle troligtvis ha låg acceptans. Dessutom kommer sådana åtgärder i direkt konflikt med nuvarande mål för ekonomisk tillväxt. Det är särskilt viktigt att beslut

gällande livsstilsförändringar tas på ett demokratiskt sätt, och att sådana åtgärder är helt öppna. Trots att beteendeincitament är nödvändiga för att främja hållbar konsumtion och göra miljöpåverkan mer uppenbara, behövs det mer än bara ett statligt incitament att få en del av befolkningen att konsumera marginellt mindre. Det som behövs är ett stort beslut att minska konsumtion på samhällsnivå, och beteendeåtgärder kan underlätta denna övergång. Trots att det finns mycket litteratur om effekten av småskalig nudging är det mycket svårare att utvärdera hur IKT-åtgärder kan bidra till mer övergripande förändringar. I korthet är en minskning av konsumtion ett svårt och polariserande ämne. IKT-baserad nudging kan underlätta en sådan policy genom att göra relevant information mer uppenbar och tillgänglig, men annan nudging (att ändra standardval eller åtkomst till vissa produkter) är mer kontroversiell och måste bedömas noggrant.

### **3.2.3 Effektivare försörjningskedja**

#### **3.2.3.1 E-HANDEL**

IKT-tillämpningar kan påverka hur, var och när varor köps, och därmed också hur dessa transporteras och levereras. E-handel möjliggör en minskning av transportavstånd, eftersom leveransfordon brukar följa mer optimala vägar än enskilda konsumenter som åker bil till affären. Eftersom dessa system registrerar var varorna lagras och var konsumenterna bor kan leveranskedjan optimeras genom att leverera varor från närmaste lager. Miljöfördelarna är dock mycket osäkra, eftersom ineffektiv transport med lastbil på lokal nivå kan vara skadligare än långdistanstransport med tåg.

#### **3.2.3.2 OPTIMERINGSVERKTYG FÖR FÖRSÖRJNINGSKEDJAN**

Försörjningskedjor kan också optimeras med hjälp av dedikerade IKT-verktyg som kan avgöra var en fabrik eller ett lager ska byggas, eller i vilken fabrik en produkt ska tillverkas för att minimera transportavståndet för råvaror och färdiga produkter. Dessutom kan mjukvaror som förutsäger efterfrågan informera producenterna om var och när produkter kommer att efterfrågas, så att de kan skickas med tåg eller båt. Det finns inget stort hinder mot denna lösning, förutom tillgång till prisvärda IKT-verktyg för optimering av försörjningskedjor. Optimering av försörjningskedjor kommer sannolikt att komma utan ingripanden från offentliga aktörer när sådana mjukvaror blir lättillgängliga, eftersom det är fördelaktigt för producenterna. Denna utveckling kan kanske främjas genom certifieringar. Offentliga myndigheter kanske kan lista produkter som har låg miljöpåverkan i olika skeden i livscykeln (inklusive transport). Detta skulle göra optimering av försörjningskedjor ännu mer värdefull, vilket skulle öka efterfrågan på optimeringsverktyg.

#### **3.2.3.3 DRÖNARE**

Det viktigaste sättet att minska miljöpåverkan från transport, förutom att minimera transportavstånd, är att minska miljöpåverkan per kilometer. Detta innebär i huvudsak att använda leveransmetoder som är mindre energikrävande.

Till exempel kan drönare ibland leverera varor mer effektivt än lastbilar. Lastbilar kan transportera drönare de längre sträckorna och sen kan drönarna effektivt transportera paketen den sista kilometern. Lastbilen kan till exempel parkera nära ett bostadsområde och låta drönarna leverera paket till varje hushåll i området, snarare än att köra runt. Alternativt kan drönare flyga direkt till och från lager, men de kan oftast inte flyga långa avstånd. Två huvudproblem med denna lösning är oklar juridik problem och oklarheter kring vilka effektivitetsvinsterna egentligen är. De juridiska osäkerheterna handlar mest om flygutrymmet och säkerhetsfrågor kring flottor av drönare i städer. Effektivitetsproblemet beror på att drönare i lastbilar ökar vikten som transporteras, och att de flesta drönare för närvarande bara kan transportera lätta vikter. LCA-studier bör hantera detta effektivitetsproblem och avgöra huruvida drönarleverans verkligen ger fördelar. Om det visar sig vara ett effektivt sätt att leverera, bör lämpliga ramverk och regler för användningen av drönare utvecklas. Å ena sidan bör säkerhet vara en prioritet, men å andra sidan bör reglerna inte hindra tekniker som inte är skadliga.

#### 3.2.3.4 PEER-TO-PEER-LEVERANS

Ytterligare en lösning för att minska miljöpåverkan från leverans är peer-to-peer-leverans (P2P). Det kan handla om personer som levererar paket som jobb (till exempel med cyklar) eller eftersom de ändå ska köra till leveransadressen. Detta kan också innebära transportlösningar som samtidigt transporterar både människor och paket, till exempel självkörande fordon som optimeras för transport av både människor och varor. Men återigen är de potentiella vinsterna osäkra. Om P2P-leverans med bil blir populär och lönsam, kan detta till och med inducera fler bilresor.

## 3.3 Resande

Resande motsvarar cirka 31% av växthusgasutsläppen från privatkonsumtion i Sverige. IKT kan minska miljöpåverkan från resor på tre huvudsakliga sätt: genom att påverka tillgången till fordon (med t.ex. bildelning och samåkning), genom att ändra hur fordonen körs (med t.ex. GPS och självkörande bilar), och genom att ersätta resor (med t.ex. distansarbete).

### 3.3.1 Tillgång till fordon och transporttjänster.

#### 3.3.1.1 BILDELNING, SAMÅKNING OCH RIDESOURCING

Det första sättet på vilket IKT påverkar hur människor reser är genom att ändra hur människor använder bilar. Tre huvudsakliga IKT-lösningar kan förvandla bilar från ett fordon som alla äger och använder dagligen, till en tjänst som människor använder när den verkligen behövs. Den första, bildelning, innebär att människor hyr eller lånar en bil under en kort resa. Bildelning uppmuntrar människor att köra mindre, på grund av att vissa människor väljer att inte köpa en bil när ett system för bildelning är tillgängligt. Den andra lösningen, samåkning, innebär att personer som vill resa till



en destination matchas med personer som kör till den destinationen och har lediga platser. Den största fördelen är ökad fordonsbeläggning, vilket innebär färre bilar på vägen. Den tredje lösningen, ridesourcing, liknar en taxitjänst. Resenärer bokar en sittplats i en förars bil, vanligtvis för korta sträckor, och föraren kör för vinst och inte för att den delar en destination med passage-rarna. Fördelarna med ridesourcing är oklara men det kan marginellt öka fordonsbeläggning och minska bilägandet.

Dessa tre lösningar har nackdelar. En av de största nackdelarna med bilfokuserade lösningar är att de gör bilresor bekvämare och lättillgängliga, vilket konkurrerar med kollektivtrafik. Sådana tjänster är mindre miljöskadliga än om alla skulle köra enskilda bilar, men de är mer miljöskadliga än kollektivtrafik och kan leda till att färre resenärer åker kollektivt. De viktigaste beslutsfattare som kan ta itu med detta problem är stadsplanerare och transportplanerare. Effekterna av bildelning, samåkning och ridesourcing beror på hur dessa åtgärder integreras med andra transportmedel. I synnerhet kan dessa IKT-lösningar implementeras för att förbättra tillträde till kollektivtrafiknav. Det innebär att man skulle kunna boka en bil eller samåka till eller från en järnvägsstation. Om detta underlättar tillträde till järnvägsstationer kan resenärer uppmuntras att åka tåg: IKT-lösningar skulle då komplementera kollektivtrafik istället för att konkurrera med den. Tre viktiga aspekter kan säkerställa denna komplementaritet.

För det första bör kollektivtrafik vara så bekväm, attraktiv och prisvärd som möjligt (kompletterande åtgärder relaterade till underhåll av järnvägar och subventioner kan övervägas). För det andra kan utvecklingen av bildelning, samåkning och ridesourcing begränsas till områden där det inte konkurrerar med kollektivtrafik (vilket innebär att denna typ av beslut skulle bedömas och fattas på lokal nivå). Till exempel är bildelning ett bra val på landet där bra kollektivtrafik saknas. I synnerhet kan enkelriktad bildelning till och från tågstationer betydligt underlätta tillgången till tågtrafik. Generellt sett bör planerare försöka lösa ”sista kilometer” -problemet, det vill säga hur resenärer kan åka till kollektivtrafikstationer eller åka hem från kollektivtrafikstationer. Bildelning, samåkning och ridesourcing är möjliga lösningar för att lösa detta problem, men det finns andra. För det tredje bör komplementaritet mellan IKT-lösningar för bilåtkomst och kollektivtrafik aktivt främjas. Ett sätt att främja det är att integrera relevant information om kollektivtrafik i appar för bildelning, samåkning och ridesourcing. När man bokar en bil till en särskild järnvägsstation skulle appen till exempel automatiskt ge uppdaterad information om tåg och/eller informera om alternativ för att ta sig till stationen, såsom bussar. Ett annat sätt kan vara att ha parkeringsplatser reserverade för resenärer som samåker nära tågstationer, eller rabatt när man bokar en bil och en tågbiljett samtidigt. Utöver konkurrens mellan bilfokuserade IKT-lösningar och kollektivtrafik finns det också en risk att IKT-lösningar inducerar resor genom att göra resandet billigare och bekvämare. En studie visade till exempel att en betydande del av användarna på en samåkningstjänst i Frankrike inte skulle ha gjort någon resa om

samåkningstjänsten inte funnits. Här verkar det vara viktigt att förtydliga resandets miljöpåverkan. Kostnaderna av att åka bil ska inkludera den totala miljöpåverkan. Att beskatta bränslen skulle emellertid vara en komplicerad och kontroversiell åtgärd, eftersom det allvarligt skulle begränsa mobiliteten för låginkomsthushåll. En sådan åtgärd skulle därför kräva skattebefrielse eller en annan form av ersättning för låginkomsthushåll.

IKT-lösningar som handlar om tillgång till bilar som en tjänst kan uppnå betydande miljöfördelar på kort sikt. Planerare bör dock prioritera att planera för mobilitet utan bil om möjligt. Det bör noteras att bildelning, samåkning och ridesourcing skulle interagera med självkörande fordon, eftersom självkörande fordon är mycket kompatibla med att betrakta bilar som en tjänst. Om bilar kör sig själva, blir det lättare att boka en bil till vilken destination som helst, och att automatiskt matcha resenärer som har samma resväg.

### 3.3.1.2 CYKELDELNING

Delningstjänster och IKT-baserad tillgång till fordon är inte begränsade till bilar. Cykeldelning är redan populär i många städer. Om man kan få dessa att konkurrera med bilar för korta resor inom staden, skulle bättre tillgång till cyklar vara ett bra sätt att minska biltrafiken. Cykeldelning konkurrerar dock ofta med gång och kollektivtrafik. IKT:s viktigaste roll är att göra sådana lösningar mer praktiska, till exempel genom att använda QR-koder och telefonbetalning för att förenkla tillgång till cyklar. Innovativa lösningar inkluderar flytande cyklar, dvs cyklar som kan hämtas och lämnas var som helst. Dessa underlättar tillgång till cyklar, men det kan finnas ett betydande problem med vandalism. Lösningen kan vara att använda dockade cyklar, men öka mängden dockningsstationer i staden. Alternativt kan flytande cyklar användas i kombination med kompletterande åtgärder för att ändra beteenden och undvika vandalism. Med QR-kodbokningssystem kan det till exempel vara möjligt att hitta telefonnumret till sista personen som bokade en cykel ifall den försvinner, vilket kan motverka känslan av strafffrihet som leder till vandalism. Annars verkar cykeldelning inte kräva mycket från beslutsfattare för att fungera. Det viktigaste beslutet är vilket anbud som en kommun väljer vid upphandling för ett cykeldelningssystem. I takt med att nya parallella gratisystem med olika enkla fordon dyker upp blir även tillgången till parkering av dessa en allt viktigare fråga för staden. När det blir många cyklar och liknande som kan parkeras var som helst finns risk både att cykelparkeringarna tar slut, och att framkomligheten på trottoarer begränsas.

### 3.3.1.3 BÄTTRE INFORMATION FÖR KOLLEKTIVTRAFIK

Ett sista sätt på vilket IKT kan påverka tillgång till fordon är genom att bli bättre på att informera resenärer om kollektivtrafik. IKT spelar redan en viktig roll genom att informera resenärer i nära realtid om förseningar och möjliggöra en mer effektiv planering av resor. Ideellt bör denna information

förbättras i framtiden. En annan viktig sak är hur informationen kommuniceras: resenärer ska behöva anstränga sig så lite som möjligt för att få information om kollektivtrafik. En idé som nämnts ovan är att integrera information om kollektivtrafik i appar för bildelning, cykeldelning, samåkning, etc. En annan viktig åtgärd kan vara att förenkla tillgång till information om tågtrafik i andra europeiska länder, för att göra det enklare att åka tåg istället för flygplan för korta internationella resor. Inom Europa var Interrail redan ett stort steg i den riktningen, eftersom det gör det möjligt för resenärer att åka tåg billigare. Att hitta all information man behöver för en tågresor kan dock vara komplicerat och tidskrävande.

### **3.3.2 Effektivare drift**

#### **3.3.2.1 SJÄLVKÖRANDE FORDON**

IKT-åtgärder kan förändra hur fordon fungerar, vilket kan göra dem mer energieffektiva och/eller attraktiva. Det mest radikala sättet på vilket IKT kan påverka fordonsdrift är genom automatisering, i synnerhet självkörande fordon. De kan radikalt ändra människors resebeteenden genom att påverka tillgång till bilar och göra det enklare att dela fordon. De skulle kunna rädda många liv genom att minska risken för olyckor. De kan också fungera mycket effektivare än konventionella bilar, köra närmare varandra och till och med tillverkas med lättare material. Självkörande fordon kan dock orsaka flera problem. På den sociala och demokratiska sidan finns det frågor om integritet när företagen och stater samlar en allt större mängd data om var, hur och med vem medborgarna reser. Det skulle ge dem större kontroll över medborgarna. På miljösidan kan självkörande fordon främja bilresor och konkurrera med kollektivtrafik, Effekterna avgörs till stor del av regelverk. Därför bör beslutsfattare se till att det finns lämpliga regler för självkörande fordon. Å ena sidan bör dessa regler säkerställa säkerhet, respekt för integritet vid datainsamling och tillgång till tjänsten för alla. Å andra sidan, om självkörande fordon visar att de kan köra säkert nära varandra, kan regler om säkerhetssträckor och material ändras på medellång och lång sikt. Liksom alla andra bilcentrerade åtgärder, riskerar självkörande fordon att inducera bilresor och konkurrera med kollektivtrafik. De kan dock också förbättra anslutning till kollektivtrafiken om de planeras i enlighet därmed. Att motverka inducerade bilresor är svårt, men ett sätt skulle vara att göra miljöpåverkan för varje resa tydligare. Detta kan innebära en direkt ökning av den monetära kostnaden för bilresor genom beskattning (detta skapar dock problem om mobilitet för låginkomsthushåll). Det kan också innebära bättre miljöinformation för resenärer om miljöpåverkan av resor (och kanske deras kumulativa miljöpåverkan) varje gång de bokar ett fordon. Nudging som minskar incitament för resor är ett bra komplement till självkörande fordon. Många andra synergier finns, eftersom självkörande fordon interagerar med åtgärder om efterfrågan (elektriska fordon som automatiskt laddas under tider med låg efterfrågan), om fordonsdelning, och till och med om planering (till exempel av parkeringsplatser).

### 3.3.2.2 OPTIMAL RESVÄG

Det finns andra sätt på vilka IKT kan optimera bilens drift. GPS-vägledning hjälper förare att hitta den optimala resvägen. Det är dock svårt att nå mer än marginellt lägre miljöpåverkan med detta. Liksom alla bilfokuserade lösningar finns det alltid risk att de leder till mer bilåkande, så miljöfördelarna kan vara mycket små. Ytterligare miljöfördelar kan uppnås genom att använda GPS-appar för att beräkna den minst miljöskadliga vägen till en destination (inklusive förutsägelser om trängsel och jämförelse mellan bilen och andra alternativ). Fördelen kan också vara att uppmuntra resenärer att byta till andra transportsätt, och inte bara att optimera fordonets drift. Beslutsfattare spelar kanske inte någon betydande roll i förhållande till denna åtgärd.

### 3.3.2.3 BÄTTRE TÅG

IKT används i driften av tåg och kommer säkert att spela en viktig roll i framtiden gällande planering och drift av tåg. IKT kan också påverka av resenärers upplevelse i tåget. Till exempel skulle tåg kunna förvandlas till mobila kontor, vilket skulle göra dem mer attraktiva transportsätt för kontorsarbetare på affärsresor. Detta kan vara ett sätt att uppmuntra företag att använda tåg snarare än flyg för affärsresor. Detta kan komplettera policyåtgärder såsom partiell subvention för affärsresor som görs med tåg eller en koldioxidskatt för transport.

## 3.3.3 Ersätta resor

### 3.3.3.1 DISTANSARBETE

IKT kan användas för att ändra reserelaterade beteenden. Vissa åtgärder som påverkar beteenden har tidigare nämnts (i synnerhet gällande tillgång till bilar). Andra åtgärder, såsom distansarbete, syftar till att ersätta resor på ett direkt sätt. Genom att göra det möjligt för kontorsarbetare att arbeta hemifrån, komma åt filer på distans och delta i virtuella möten kan distansarbete minska pendling och göra det möjligt för flera kontorsarbetare att dela på samma rum eller skrivbord. Förutom daglig pendling kan distansarbete undvika längre resor till konferenser och möten. Ett problem med distansarbete är att kvaliteten på arbetsmiljön och samarbete med kollegor kan minska. Detta löses delvis av tekniska förbättringar som gör videokonferenser och distansarbete enklare. Offentliga förvaltningar kan också visa vägen genom att göra distansarbete till ett enkelt alternativ för sina anställda. Ett annat problem med distansarbete är att det finns en rekyleffekt, som visar sig på två sätt. För det första kan människor som inte pendlar åka bil mer för andra ärenden såsom att handla. För det andra, när kontorsarbetare inte längre behöver bo nära staden försvagas incitamentet att bygga täta städer. Det finns då en risk för utglesning av städer. Det är därför viktigt att distansarbete integreras i en omfattande plan inklusive lösningar för människor att komma åt affärer med cyklar eller kollektivtrafik. Planerare bör se till att städer utvecklas med rätt täthet och att många områden kan förbli bilfria.

### 3.3.3.2 MINSKA FRITIDSRESOR

IKT kan också hjälpa till att undvika resor för andra ändamål än arbete. Det kan vara svårare, eftersom man inte enkelt kan ersätta semester eller besök till familjen med IKT. Det handlar mestadels om att övertyga människor att resa mindre men kanske under längre perioder (en månadsresa istället för fyra separata veckoresor) eller att åka tåg istället för flyg. Nudging kan exempelvis användas för att informera resenärer om miljöpåverkan av resan varje gång de köper en biljett, eller för att marknadsföra och annonsera järnvägsresor i andra appar, i stället för flygresor. Å andra sidan används IKT ofta för nudging som syftar till att öka resandet, till exempel annonser för avlägsna destinationer och resebyråer. Kulturell omvandling och ambitiös förändring av hur vi reser behövs. Man kan föreställa sig ett samhälle där människor inte flyger till semester eller vid affärsresor flera gånger om året, utan reser flera veckor eller månader i taget en gång om året, reser med tåg, arbetar på distans eller tar längre semester. IKT har en roll att spela i den omvandlingen, även om det är svårt att förutse exakt vilken roll. Åtminstone kan beteendencitatament spela en roll för att mildra rekyleffekter från andra IKT-åtgärder. Detta verkar vara viktigt, eftersom många transportrelaterade åtgärder kan inducera resor genom att göra ett transportsätt bekvämare eller billigare. Det bör noteras att åtgärder såsom nudging och skatter för att minska hur mycket människor reser kanske får låg acceptans: det är viktigt att tillhandahålla mycket bra alternativ för resenärer. I synnerhet kan beskattning avsevärt minska mobilitet för låginkomsthushåll.

## 3.4 Boende

Boende motsvarar cirka 20% av växthusgasutsläppen från privatkonsumtion i Sverige. IKT kan minska miljöpåverkan från boendet genom att påverka hur byggnader byggs och deras elanvändning och -försörjning, samt genom att ändra hur vi använder ytor.

### 3.4.1 Design- och byggt teknik

#### 3.4.1.1 MODELLERINGSMJUKVAROR

IKT kan påverka hur byggnader utformas. Byggnadsinformationsmodellering (BIM) används redan idag, men fokuserar oftast på att öka produktivitet och minska byggtider och kostnader, snarare än att lösa miljöproblem. För att ytterligare förbättra byggnaders miljöprestanda bör miljökonsekvensbedömningsverktygen integreras bättre i modelleringsmjukvaror. Modelleringsverktyg ska göra det möjligt för arkitekter och byggherrar att uppskatta miljöpåverkan från varje alternativ och föreslå designval som skulle minska miljöpåverkan (byggnadens form, materialval, passiv design-teknik, etc.). För att stimulera användningen av miljömodellering i designskedet kan offentliga myndigheter gradvis börja kräva att miljödata för designskedet tillhandahålls för nya byggnader. Till exempel skulle kommuner

kunna implementera sådana informationskrav i upphandling (för skolor och sjukhus m.m.) eller vid markanvisning. Detta kan också bli ett kriterium för certifieringssystem såsom Miljöbyggnad.

#### 3.4.1.2 3D-UTSKRIFTER I BYGGANDET

3D-utskrift och andra radikalt nya byggtekniker kan förändra byggandet betydligt. Miljökonsekvenserna av en sådan förändring är dock mycket osäkra. 3D-utskriftsteknik hävdar ofta betydligt högre materialeffektivitet samt minskade transporter och avfallsmängder jämfört med konventionell byggteknik, men ingen neutral miljöprestandabedömning för dessa tekniker har utförts. En viktig åtgärd i samband med utvecklingen av 3D-utskrift i byggandet är därför att förbättra LCA-förfaranden och databaser för dessa tekniker. Det bör vara möjligt att jämföra miljöprestandan för ny teknik gentemot traditionella metoder. I synnerhet bör skillnader gällande inbyggd miljöpåverkan av byggmaterial, samt eventuell påverkan på operativ energiprestanda, byggnadens livstid och renoveringsbehovet klargöras. Eftersom data saknas för närvarande om denna miljöpåverkan bör informationskrav införas, där miljöinformation relaterad till byggmaterial måste tillhandahållas vid byggandet. När data om byggmaterial finns tillgängliga kan miljöprestandakrav för nya byggnader börja införas.

#### 3.4.1.3 LCA

För närvarande baseras LCA av byggnader i stor utsträckning på antaganden och standarddata istället för byggnadsspecifika data. Detta leder till stor osäkerhet. IKT kan lösa problemet genom att förbättra datainsamling. Om sakernas internet utvecklas inom byggsektorn, kan data gällande ursprung och sammansättning för byggmaterial samlas på ett systematiskt och enkelt sätt. Exempelvis skulle en prefabricerad betongpanel kunna märkas och uppdateras vid varje skede i sin livscykel och på så vis ge information om exakt var och hur den producerades. Detta skulle avsevärt förbättra kunskapen om miljöpåverkan kopplad till olika designalternativ och göra LCA mycket mer detaljerad, tillförlitlig och mindre tidskrävande. Bättre LCA kan i sin tur bli en stödjande åtgärd för många andra åtgärder: förbättringar i LCA innebär att man kan fatta bättre informerade beslut om miljöpåverkan på samhällsnivå. Beslutsfattare bör uppmuntra att bättre miljödata tillhandahålls. Detta är redan Naturvårdsverkets uppgift inom ramen för Digitalt Först. Kommuner skulle dessutom kunna kräva att mer data tillhandahålls i anbud för offentliga byggprojekt (och kanske till och med ställa krav på miljöinformation vid markanvisning och exploateringsavtal). När bättre LCA data är tillgängliga skulle myndigheter och kommuner till och med kunna ställa krav på miljöprestanda för byggnader. Certifieringssystem skulle också kunna kräva att byggmaterial har en klimatpåverkan som är lägre än ett visst tröskelvärde.

#### 3.4.1.4 FÖRSÖRJNINGSKEDJAN

Precis som för gods kan programvaror för optimering av försörjningskedjan minska transportbehov genom att minimera avståndet mellan råvaror och fabriker samt mellan fabriker och byggarbetsplatser. Det finns inte mycket risk för negativa effekter i det här fallet. Det finns inte heller mycket beslutsfattare kan göra för att främja optimering av försörjningskedjan eftersom de redan är lönsamt för företagen. Ett incitament kan eventuellt vara att certifiera byggföretag eller byggnader med en optimal försörjningskedja.

### 3.4.2 Driftenergianvändning och -försörjning

#### 3.4.2.1 HEMAUTOMATISERING

Ett sätt på vilket IKT kan minska miljöpåverkan från driftenergianvändning är att minska denna energianvändning. Hema automatisering, som styr uppvärmning, belysning, ventilation och energianvändning från oanvända apparater, kan bidra till att minska mängden energi som slösas på grund av mänsklig oaktsamhet. Teknik för hema automatisering finns redan idag, men det kan förväntas att de kommer att bli ännu mer populära i framtiden. Beslutsfattarens roll kan då vara att se till att byggnadens energisystem är standardiserade och strävar efter allt lägre energianvändning, till exempel genom att säkerställa att uppvärmningen alltid minskas i tomma rum. Att ta in hema automatiseringsprestanda i certifieringssystem kan också vara ett sätt att marknadsföra sådana lösningar.

#### 3.4.2.2 SPILLVÄRME FRÅN SERVERAR

Ett annat sätt på vilket IKT kan minska miljöpåverkan från driftenergianvändning är genom att ändra byggnadens energiförsörjning. När det gäller uppvärmning kan värderingen av spillvärme från serverar bli särskild viktig i framtiden. Alla IKT-åtgärder innebär användning av energi för att bearbeta data och kyla serverar är. Det är därför viktigt att se till att serverar försörjs med förnybar el och att spillvärme återanvänds i till exempel fjärrvärmesystem. Detta görs redan i vissa fjärrvärmesystem, men det finns möjlighet att tillämpa denna lösning i fler städer och att använda spillvärmen på andra sätt, till exempel för fisk- eller grönsaksodling. Huvudproblemet är att sådana lösningar inte är tillgängliga överallt (det finns inte alltid en kompatibilitet mellan spillvärme och uppvärmningsefterfrågan i området). Enskilda serverar som används som element i hushåll är än så länge inte så populära eftersom många företag vill ha mer kontroll över datasäkerhet. Planerare har visserligen en roll att spela genom att integrera utveckling och drift av serverar i fjärrvärmeplanering. Det kan innebära offentlig-privata partnerskap eller kommunalt ägda serverar. Spillvärmen kan designas så att den blir en vanlig värmekälla, och inte används bara för att den var händelsevis tillgänglig. Beslutsfattare bör se till att regler underlättar offentlig-privata partnerskap och industriella symbiosprojekt. Framtiden för enskilda serverar i hushåll är svårare att förutsäga. blanda annat beroende på datasäkerhetsproblem. Om

de visas vara säkra kan de utvecklas ytterligare, förutsatt att det inte finns någon juridisk barriär. Beslutsfattarens roll är att se till att regler är lämpliga, vilket betyder att säkerställa datasäkerhet och inte hindra teknisk utveckling.

#### 3.4.2.3 FÖRNYBAR ELPRODUKTION

Huvudproblemet med förnybar elproduktion är att den inte nödvändigtvis finns när el efterfrågas. IKT kan bidra till att lösa detta problem på två sätt. För det första kan data för produktion och efterfrågan mätas i realtid och kommuniceras för att skapa en elmarknad och koppla samman nät från olika länder. Efterfrågan i ett land kan därmed matchas med produktion i ett annat land, vilket minskar riskerna för att förnybara kraftverk måste förbli i vänteläge eller att efterfrågan måste tillgodoses med fossila kraftverk. Transnationella elmarknader finns redan idag (alla nordiska länder delar samma elnät) och dekan förbättras ytterligare i framtiden: EU har exempelvis planer på att förbättra sammankopplingen av elnäten på europeisk nivå. Förbättringar av IKT-infrastruktur för elmarknader är nödvändiga för att uppnå en bättre sammankoppling och att matcha förnybar elproduktion med efterfrågan. Detta kräver samarbete mellan grannländer.

Ett annat sätt att matcha produktion och efterfrågan är att styra efterfrågan. Dynamisk prissättning för el kan uppmuntra konsumenter att stänga av apparater när efterfrågan är hög. IKT kan möjliggöra dynamisk prissättning genom att dynamiskt koppla elpriserna mot efterfrågan och tydligt kommunicera detta till konsumenterna. Konsumenterna måste vara tydligt informerade om priserna och tiderna när efterfrågan är som högst. Nudging som handlar om att ge realtidsinformation om elpriser via exempelvis en app kan användas som kompletterande åtgärder. En annan enklare lösning är att sätta priser som beror på tiden, och anta till exempel att efterfrågan är som högst varje dag runt kl 7:00. Smarta apparater kan programmeras för att stängas av när efterfrågan är hög och startas när den är låg (till exempel tvättmaskiner och diskmaskiner). Hemautomatisering och styrning av smarta apparater och elbilar kan vara kompletterande åtgärder för att styra efterfrågan.

Det finns dock ett annat problem med förnybar elproduktion, gällande bristen på incitament för små producenter att investera i förnybar el. De kan inte välja vem de ska sälja till, anläggningen måste finansieras länge innan den börjar vara lönsam, och konsumenterna kan inte välja vem de köper el från. En möjlig lösning är att använda blockchain-teknik för att skapa småskaliga, lokala energimarknader och ge konsumenter bättre kontroll över elförsörjningen. Konsumenterna skulle kunna välja exakt vart pengarna går och producenterna skulle kunna få enklare finansiering. Detta är ett fall där IKT kan introducera nya marknader som inte passar inom ramen för nuvarande regler. Beslutsfattare bör därför se till att sådana blockchainbaserade småskaliga elmarknader utvecklas med lämpliga regler och att det finns incitament för småskaliga investeringar i förnybar el. Dessutom bör beslutsfattare komma ihåg att blockchain själv kan ha en hög elanvändning.



### 3.4.3 Effektivare ytanvändning

#### 3.4.3.1 DELAT BOENDE

IKT kan göra det lättare att dela ytor. Sådan teknik är redan idag en förutsättning för företag såsom Airbnb och Couchsurfing. Miljöfördelarna med sådana system som handlar om att boka ett rum för några dagar är osäkra. Även om de verkligen kan minska behovet av hotell, kan de också uppmuntra människor att resa mer och behålla tomma rum så att de kan hyra ut dem. IKT kan dock också möjliggöra lösningar för långsiktig delning av bostäder, såsom Ett Tak Två Generationer (ET2G). IKT används för att matcha människor med en tillgänglig resurs (lediga rum) med personer med motsvarande behov. IKT kan också användas för att bygga förtroende. På webbplatser såsom Airbnb är det bland annat möjligheten att ge kommentarer och betyg till hyresgäster/hyresvärdar som skapar förtroendet. På ET2G görs det genom att underlätta medling och kommunikation mellan företaget, hyresvärdarna och hyresgästerna.

Ett sätt att ytterligare främja delningsbaserade livsstilar kan vara att tillhandahålla garantier och lämpliga ramverk för försäkring och medling för kollektivhus. Dessutom behövs kompletterande åtgärder för att motverka rekyleffekter för Airbnb och liknande företag. Detta kan innebära lämpliga skatter, men problemet att det skulle kunna begränsa rörligheten för låginkomsthushåll kvarstår. Detta kan också hanteras av andra IKT-åtgärder såsom nudging som gör resandets miljöpåverkan tydligare.

#### 3.4.3.2 DELADE KONTOR

Arbetsplatser och kontor kan också delas. IKT möjliggör driften av flexibla kontor där kontorsarbetare kan boka ett bord på nätet för några timmar (till exempel Liquidspace). IKT underlättar hantering av kalendrar och gör det möjligt för kontorsarbetare att komma åt sina filer på distans. Detta innebär att delade kontor är mycket komplementära med distansarbete. Båda kan vara en del av en större omvandling av arbetsytor och arbetskulturen.

Ett problem för både delade kontor och bostäder är att nuvarande byggnader är dåligt anpassade till dessa livsstilar. Byggnader är ofta byggda med fokus på privat utrymme och har få gemensamma ytor. Planerare och arkitekter har en roll att spela i att planera städer som kan delas. Ett exempel är flerbostadshus med små lägenheter men bekväma gemensamma ytor med kök, tvättstuga och gästrum som kan bokas enkelt. Utöver byggnaders form krävs dock en kulturförändring med fokus på ökat förtroende. Man måste acceptera bristen på vissa privata lokaler och istället förlita sig på gemensamma resurser och goda relationer med grannar och medarbetare. På längre sikt och mer övergripande nivå behövs en kulturomvandling för att optimera ytanvändning och minska bostadsytor. Detta innebär en medveten optimering av ytor och ett val att bo i mindre rum. Detta inkluderar också att använda existerande byggnader så mycket som möjligt. Ett sätt att stimulera en bättre ytanvändning är att beskatta byggnader beroende på antalet oanvända rum. Ytoptimering är mycket viktigt för att minska miljöpåverkan från den byggda miljön och bör

betonas som en nyckelaspekt. Problemet är emellertid svårt att ta itu med och kräver både tekniska lösningar (byggdesign och IKT), medvetna incitament från politiker och kulturförändringar.

## 3.5 Livsmedel

Livsmedelskonsumtion motsvarar cirka 32% av växthusgasutsläppen från privatkonsumtion i Sverige. IKT kan förbättra hur livsmedel produceras och transporteras, och hjälpa konsumenter att välja mindre miljöpåverkande kost.

### 3.5.1 Matproduktion

#### 3.5.1.1 AUTOMATISERING INOM JORDBRUK

IKT kan påverka livsmedelsproduktionen genom att ändra jordbruksmetoder. Jordsensorer och satelliter som kan spåra tillväxt och styra traktorer kan hjälpa bönderna att förbättra sin produktivitet och minska mängden pesticider och gödningsmedel som används. För närvarande används sådana system i mycket liten utsträckning. Ett sätt att främja precisionsjordbruk kan vara att tillhandahålla subventioner eller lån, som kan återbetalas över några år om det finns vinster för bonden. Denna typ av lösning kommer att ge miljömässiga fördelar endast om miljöfrågor är ett designmål från början, utöver produktivitetsvinster. Exempelvis bör precisionsjordbruksystem överväga frågor om biologisk mångfald runt gårdar och syfta till att direkt övervaka och minska negativa effekter från gårdar. Dessutom kan övervakning av miljön möjliggöra ett större landskapsperspektiv, identifiera synergier mellan olika arter och underlätta användningen av tekniker såsom permakultur för att skapa välfungerande ekosystem. Beslutsfattare bör därför se till att dessa miljömål beaktas i utformningen av precisionsjordbruksystem. Detta kan innebära certifiering med ett ”precisionsjordbruks”-märke. Landskapsplanerare skulle också kunna köpa miljödata från jordbrukare. Planerare skulle dra nytta av aktuella högupplösta data om ekosystem, vilket underlättar bevarandet av biologisk mångfald, och jordbrukare skulle belönas för att tillhandahålla data. Det är viktigt att använda relevanta data i beslutsfattandet kring miljöfrågor, och IKT gör det möjligt för beslutsfattare att få data om markanvändning på landskapsnivå.

#### 3.5.1.2 URBANA JORDBRUK

IKT kan göra det lättare att producera mat i städer. En möjlighet är att använda IKT för att underlätta delandet av urbana trädgårdar. Den viktigaste användningen av IKT för urbana jordbruk är dock automatiserat inomhusjordbruk, t.ex. vertikala gårdar eller byggnader återställda till gårdar. Sådana system påstås ha en mycket högre effektivitet än konventionellt jordbruk vad gäller vatten- och markanvändning. De kan nå hög produktion utan gödningsmedel, pesticider eller traktorer. Miljöpåverkan från sådan teknik är dock fortfarande osäker. Oberoende bedömningar bör genomföras, inklusive potentiella

ökningar av energianvändning från den automatiserade gården och påverkan från vertikala gårdens byggande och drift (särskilt påverkan från byggmaterial och uppvärmning). Om det visar sig att sådana system faktiskt ger miljömässiga fördelar, skulle politiken kunna uppmuntra deras utveckling genom ett certifieringssystem. Ett sådant system skulle fokusera på miljöpåverkan från livsmedelsproduktion (som Miljöbyggnad för byggnader), snarare än hur livsmedel produceras (som KRAV).

Två problem kvarstår med vertikala gårdar: det stora investeringsbehovet och ytanvändning i trånga städer. Investeringsfrågan begränsar utvecklingen av vertikala gårdar men några företag verkar vara lönsamma. Crowdfunding kan vara ett sätt att lösa problemet. Lån kan också ges till lägre pris för urbana jordbruksprojekt, förutsatt att den höga produktiviteten gör det möjligt att återbetala lånen inom några år. Ytanvändningen är mer problematisk. Trots att vertikala gårdar använder mycket mindre mark än vanliga gårdar kan det vara svårt att hitta rum i städer där det redan är brist på bostäder och konkurrens om mark. I slutändan är detta ett beslut som tas av stadsplanerare, och prioriteringar bör fastställas på kommunal nivå. En möjlig lösning är att överväga urbana jordbruk i ombyggnad av oanvända byggnader och omvandla övergivna byggnader till livsmedelsproduktionsanläggningar. Det kan finnas en betydande möjlighet för sådana omställningar i kombination med andra åtgärder som leder till förändringar i markanvändningen. Till exempel kan förbättringar av kollektivtrafik, alternativa resemedel och "bilfria" städer minska behovet för parkeringsplatser. Underjordiska parkeringsplatser kan då omvandlas till urbana gårdar.

### 3.5.2 Matleverans

Frågor gällande leverans av mat liknar frågor gällande leverans av varor. Ny teknik såsom drönare skapar nya möjligheter med lastbilar som kör vissa sträckor och drönare som flyger de sista kilometerna. Ökningar i IKT-baserad fordonsdelningspraxis skapar möjligheter för fordon att transportera mat och människor samtidigt. Miljöfördelarna är osäkra på grund av den extra vikten i fordon som transporterar drönare, säkerhets- och regelproblem med drönare och risken för att framkalla ytterligare körningar för peer-to-peer-leverans. En mer noggrann bedömning av miljöfördelar och risker behövs. Det finns en aspekt som är specifik för matleverans: lokal produktion. E-handel och online abonnemangstjänster för leverans av färska produkter gör det möjligt för konsumenterna att enkelt köpa lokalt producerad mat. Detta kan minska avståndet för matleverans, men problemet är att lokala leveranssystem brukar använda lastbilar för att leverera mat. Miljöpåverkan per kilometer för lastbilar är betydligt högre än för tåg eller båt, och lokala leveranser tenderar att ha lägre fyllnadsgrad i fordonen. Därför kan miljöfördelarna vara mindre än förväntat för lokal matleverans. Sådana system kan leda till mindre miljöpåverkan, men detta bör noggrant bedömas och den lokala försörjningskedjan bör utformas för att minimera lastbilstransporter.

### 3.5.3 Livsmedelskonsumtion

#### 3.5.3.1 MATAVFALL

Det finns två huvudsakliga sätt att ändra våra konsumtionsvanor för att minska miljöpåverkan från livsmedel: att minska matavfall och att välja att konsumera mat med lägre miljöpåverkan. Matavfall kan minskas genom att ge konsumenterna bättre data om utgångsdatum. Det viktigaste är att kommunicera data på ett effektivt sätt. Hur data kommuniceras handlar i huvudsak om att göra informationen tydlig och lättillgänglig, så att konsumenterna bryr sig om den. En möjlig lösning är en streckkod eller QR-kod som konsumenterna kan skanna med mobilen för att enkelt komma åt nyckelinformation. Med sådana koder skulle konsumenter kunna komma åt en inventering av all sin mat på sin mobil, och veta vad de saknar och vilka produkter som snart kommer att gå ut. Detta skulle minska risken för att produkterna slängs och för överkonsumtion. Ett mer avancerat system kan innehålla smarta köksapparater, såsom ett smart kylskåp som håller reda på maten och föreslår recept för produkter som snart ska gå ut. Livsmedelslistor på e-handelswebbsidor skulle också kunna föreslås automatiskt baserat på kylskåpets innehåll. Frågor om hur information kommuniceras är kopplade till nudging, eftersom nudging som påverkar konsumtionsvanor handlar om hur och när konsumenter har tillgång till information. Annan nudging för att minska matavfall kan övervägas, till exempel papperskorgar som vägar skräp och visar hur mycket sopor som kastas varje vecka.

Beslutsfattarna kan kräva införandet av scanningsbara koder på produkter. Det är dock lättare för dem att försöka påverka mataffärer och få dem att inte slänga mat. En möjlighet skulle kunna vara att kräva att mataffärer mäter och offentliggör mängden mat de slänger.

Ytterligare ett sätt på vilket IKT kan minska mängden mat som slängs är genom att göra det lätt för mataffärer och restauranger att sälja mat som de annars skulle slänga. Till exempel visar appen Karma<sup>52</sup> restauranger och mataffärer i ett område som har mat kvar som ska snart slängas, och gör det lätt för konsumenter att köpa maten billigt. Denna åtgärd handlar också framförallt om hur lätt det är för konsumenter att komma åt information. Det finns dock inte mycket som beslutsfattare kan göra för att främja den, förutom kanske att visa vägen genom att dela matrester från t.ex skolor och sjukhus.

#### 3.5.3.2 KOST

Det andra sättet att minska miljöpåverkan från livsmedelskonsumtion är att välja livsmedel som har lägre miljöpåverkan. Kött- och mejeriprodukter kopplas exempelvis till höga växthusgasutsläpp, markanvändning och övergödning. Det verkar behövas en storskalig övergång till vegetarisk och vegansk kost. Liksom alla andra samhällsförändringar är det komplicerat att beskriva hur en storskalig övergång till annan kost kan ske, eftersom

---

<sup>52</sup> <https://karma.life/>

detta innebär betydande förändringar i dagliga vanor, kulturvärden, markanvändning och sysselsättning på landsbygden. Beslutsfattarna bör försöka initiera denna övergång och främja vegetarisk och vegansk kost, eftersom miljöpåverkan av kött- och mjölkförbrukning är stor. Men de bör också se till att övergången sker smidigt och utan problem. I synnerhet kommer det att behövas kompletterande åtgärder för att kompensera jordbrukare och köttindustri och se till att nya anställningsmöjligheter finns tillgängliga för personer som arbetar inom dessa sektorer. På kort sikt kan nudging användas för att minska konsumtionen av kött och mejeriprodukter. Likadana åtgärder som för minskning av matavfall kan användas. Smarta etiketter och QR-koder bör kommunicera relevant miljöinformation till konsumenter, göra miljöpåverkan av livsmedel mer uppenbar och hjälpa konsumenterna att göra mer informerade val.

Beslutsfattare kan uppmuntra denna typ av åtgärd genom att kräva tillhandahållandet av standardiserade miljödata för matvaror, eller genom att stödja och finansiera organisationer såsom BONSAI<sup>53</sup> som försöker skapa en open-source databas om miljöinformation för olika varor. Miljöinformation bör vara så lätt att komma åt som information om utgångsdatum. Det bör också vara lätt att förstå och jämföra för konsumenter som har särskilt lite tid för att kolla miljöinformation när de handlar. E-handelswebbsidor skulle kunna föreslå produkter med låg miljöpåverkan som ett standardalternativ som konsumenter kan ändra om de vill, eller automatiskt föreslå ett veganalternativ till kött och mejeriprodukter. Konsumenter bör dock alltid ha möjlighet att enkelt byta till andra produkter eftersom de är billigare eller på grund av personliga preferenser. Det viktigaste är att beslutsfattarna ser till att miljöpåverkan från matvaror är uppenbar, att prisen motsvarar miljöpåverkan, och att övergången till mindre miljöpåverkande kost initieras genom att leda vägen och minska mängden kött och mejeriprodukter som serveras i t.ex. skolor, sjukhus och andra offentliga förvaltningar.

---

<sup>53</sup> <https://bonsai.uno/>

## 4 Slutsatser

### 4.1 Beslutsfattaress roll

IKT kan ha en mycket positiv effekt på miljömålen eller en negativ effekt. Det beror främst på sammanhanget där dessa teknologier utvecklas. Därför bör användningen av IKT inte betraktas som ett mål i sig, utan som ett verktyg för att nå miljömål. Med andra ord bör utvecklingen av IKT vara mål-inriktad, och miljömålen bör styra beslut om IKT- och policyåtgärder. De främsta sätten för beslutsfattare att styra utvecklingen av IKT för att säkerställa att de uppnår miljöfördelar är genom att:

- Uppmuntra övervägande av miljökriterier som designmål för IKT-utveckling, genom att skapa nationella initiativ och forum och skapa efterfrågan genom upphandling.
- Främja specifika produkter och tjänster genom subventioner.
- Förbjuda de mest miljöskadliga produkterna och tjänsterna genom att ställa miljökrav.
- Motverka rekyleffekter och användningen av miljöskadliga produkter och tjänster genom skatter. I synnerhet kan en koldioxidskatt användas för att se till att priser avspeglar klimatpåverkan.
- Se till att det finns lämpliga standarder och ett lämpligt regelverk som begränsar skadliga effekter från IKT, men inte hindrar utvecklingen av fördelaktig teknik.
- Utforma städer och transportsystem för att se till att nya IKT-baserade tjänster kompletterar befintliga transporttjänster istället för att konkurrera med dem.
- Samla och använda bättre miljöinformation i sitt eget policyarbete genom att använda IKT, och öka kraven gällande tillhandahållandet av miljöinformation, när teknik gör detta möjligt.

Vilka åtgärder som väljs är ett politiskt val. Två olika kategorier av åtgärder är: åtgärder baserade på statens direkta ingripande genom skatter, subventioner och regelverk, och åtgärder som fokuserar på att stimulera marknaden genom att tillhandahålla data, verktyg och vägledning och skapa efterfrågan via upphandling. Att diskutera relevansen av olika politiska perspektiv ligger utanför ramen för denna rapport. Det bör dock noteras att storskaliga förändringar i hur vi producerar och konsumerar verkar behövas. Därför bör fokus läggas på miljömålen. Om det visar sig att IKT-åtgärder som är lätta att genomföra inte räcker för att nå målen, måste andra mer ambitiösa åtgärder övervägas, även om de medför livsstilsförändringar som är svåra att acceptera. Av demokratiska skäl blir det då särskilt viktigt att säkerställa öppenhet, offentlighet och valfrihet.

## 4.2 Policypaket

Utveckling av policy som handlar om komplexa system kräver tvärgående samarbete mellan organisationer, ett helhetsperspektiv, flexibla processer som kan hantera osäkerhet och samråd med berörda parter. Med tanke på potentiella interaktioner mellan IKT och politiska åtgärder framgår det att IKT-åtgärder måste betraktas i sitt sammanhang. Deras genomförbarhet, deras potentiella miljömässiga fördelar, nackdelar och risker beror på sammanhanget där de genomförs. Vår lista med förslag till åtgärder inkluderar:

- Åtgärder som är starkt sammankopplade, där en åtgärd kräver att en annan åtgärd implementeras samtidigt eller tidigare (t.ex. att ställa krav på tillhandahållande av miljöinformation kräver tekniska lösningar som underlättar datainsamling).
- Åtgärder som är synergistiska och stödjer varandra (t.ex. reparerbara modulära produkter och 3D-utskrift som underlättar produktion av reservdelar).
- Åtgärder som har potentiella negativa miljöpåverkan och kräver kompletterande åtgärder för att motverka dessa effekter (t.ex. självkörande fordon kan konkurrera med kollektivtrafik; en koldioxidskatt på bränsle eller åtgärder för att förbättra anslutning till kollektivtrafikstationer skulle motverka problemet).
- Åtgärder som är kontroversiella och kräver kompletterande åtgärder för att öka deras acceptans (till exempel högkvalitativ kollektivtrafik och rabatter för låginkomsthushåll skulle behövas för att en koldioxidskatt på bränsle skulle accepteras).

Att hantera dessa interaktioner kräver att policy införs som paket och inte som självständiga åtgärder. Policypaket innebär att centrala åtgärder kompletteras med åtgärder som kan förbättra deras effektivitet, gällande deras totala positiva effekter ("effectiveness") och/eller deras positiva påverkan jämfört med kostnaderna ("efficiency"). När det gäller totala positiva effekter möjliggör policypaket en hantering av rekyleffekter innan åtgärder genomförs, istället för att försöka lösa problemet senare. Policypaket kan också minska indirekta kostnader för en åtgärd (orsakade av förhandling, bildande och drift av nya institutioner, konfliktlösning och olika andra hinder) genom att säkerställa ett smidigt genomförande. Kompletterande åtgärder kan förbättra en åtgärds legitimitet (genom att tillhandahålla populära åtgärder för att kompensera för begränsningar och kostnader från huvudåtgärder) och ekonomisk och teknisk genomförbarhet (genom att anpassa lagstiftningen).

Utvecklingen av policypaket kan följa dessa steg<sup>54</sup>:

1. Sätta mål och indikatorer som kan mätas.
2. Göra en inventering av möjliga åtgärder som kan användas för att direkt påverka målen (huvudåtgärder). Identifiera hur varje åtgärd påverkar varje mål.
3. Bedöm policypaketets effektivitet som helhet: lyckas det att nå målen? Vilka direkta och indirekta kostnader innebär det? Det är viktigt att åtgärderna inte bedöms individuellt, utan med hänsyn till deras samspel med resten av paketet.
4. Ändra paketet: Lägg till fler huvudåtgärder för att nå målen och/eller lägg till kompletterande åtgärder för att förbättra andra åtgärders effektivitet. Det innebär vanligtvis samråd och förhandlingar med berörda parter. För varje tillsatt åtgärd är det nödvändigt att flytta tillbaka till steg 3 och utvärdera hela paketet en gång till: är de marginella förändringarna i paketets effekt större än den nya åtgärdens kostnad?
5. När paketet är tillfredsställande kan det implementeras. Övervaka målpåfyllelse efter genomförandet och överväga att lägga till nya kompletterande åtgärder i efterhand om det behövs.

Ett förenklat exempel på policypaketutveckling för självkörande fordon kan vara följande (detta är bara ett exempel och ingen särskilt rekommendation):

1. Vi försöker minska klimatpåverkan från transport och har två indikatorer: I1: minska fordons miljöpåverkan per km, och I2: minska antal kilometer bilresor.
2. Vi överväger först bara en åtgärd: implementering av självkörande fordon.
3. Vi bedömer åtgärden, och hittar att det finns en potential för att förbättra miljöpåverkan per km som inte kommer att utnyttjas: självkörande fordon skulle kunna byggas av lättare material och köra närmare varandra eftersom de är mycket säkra, men detta är omöjligt med nuvarande regler.
4. Vi lägger till en kompletterande åtgärd för att öka positiva effekter: anpassa regler för självkörande fordon när det visar sig att risken för trafikolyckor minskar betydligt.
5. Tillbaka till steg 3: vi bedömer policypaketet och hittar att det var värt att lägga till kompletterande åtgärden, men att policypaketet inte kommer att minska antal kilometer bilresor eftersom självkörande fordon konkurrerar med kollektivtrafik.

---

<sup>54</sup> Se även: Givoni, M., Macmillen, J., Banister, D., & Feitelson, E. (2013). From Policy Measures to Policy Packages. *Transport Reviews*, 33(1), 1–20. <http://doi.org/10.1080/01441647.2012.744779>  
Justen, A., Fearnley, N., & Macmillen, J. (2014). A process for designing policy packaging: Ideals and realities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 60, 9–18. <http://doi.org/10.1016/j.TRA.2013.10.016>



6. Vi lägger till en kompletterande åtgärd för att minska rekyleffekten: en koldioxidsskatt på bränslen som kommer att öka priser för självkörande fordon jämfört med kollektivtrafik.
7. Vi bedömer policypaketet en gång till och hittar att det uppfyller målet, men paketet har en stor ”kostnad” i form av låg acceptans och konflikter gällande koldioxidsskatten.
8. Vi lägger till kompletterande åtgärder för att öka acceptans: mer investering i kollektivtrafik och rabatter för låginkomsthushåll.
9. Vi bedömer policypaketet igen. Det är nu tillfredsställande.
10. Policypaketet implementeras och måluppfyllandet mäts.

Detta är naturligtvis en kraftigt förenklad beskrivning av hur man kan arbeta med policypaket, men förhoppningsvis framgår ändå grundbudskapet – att det är särskilt viktigt när man arbetar med IKT-åtgärder att redan i genomförandefasen tar ett helhetsgrepp på förväntade effekter, och alltså kopplar samman åtgärder av olika karaktär. Detta som ett sätt att minska risken för att digitaliseringens positiva effekter förtas av ökade resurskrävande aktiviteter.

# Digitalisering och miljömålen

RAPPORT 6868

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 978-91-620-6868-4  
ISSN 0282-7298

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

IKT, informations- och kommunikationsteknik, kan ha en mycket positiv effekt på miljömålen eller en negativ effekt. Forskare på KTH har gått igenom en rad IKT-åtgärder och diskuterar i rapporten potentialen för att åtgärderna väsentligt ska påverka uppfyllandet av miljömålen. I rapporten lämnas också förslag till hur policypaket kan utarbetas för att IKT ska bidra till miljömålen.

