

Geofencing

Att uppskatta effekter, potential och genomslagstakt

2022-03-25

Geofencing

Att uppskatta effekter,
potential och genomslagstakt

Kund
Trafikverket

Konsult
WSP Advisory
Box 574
201 25 Malmö
Besök: Jungmansgatan 10

Tel: +46 10 7225000

wsp.com

Kontaktpersoner
Anna-Karin Salmi, Trafikverket Planering
0771-921 921

Uppdragsnamn
Potentialstudie Geostaket och
digitala trafikregler

Uppdragsnummer
10320330

Författare
Per Solér, Anna Persson

Per Solér, WSP
per.soler@wsp.com
073-056 54 75

Anna Persson, WSP
anna.m.persson@wsp.com
070-339 77 94

Innehåll

1. BAKGRUND TILL RAPPORTEN.....	6
1.1 Rapportens syfte, mål och fokus.....	6
1.2 Rapportens målgrupp.....	7
2. GRUNDLÄGGANDE BEGREPP OCH VAD VI MENAR MED EFFEKT OCH POTENTIAL.....	8
2.1 Tillämpning och åtgärd.....	8
2.2 Effekt, jämförelsealternativ och svårigheterna med att mäta..	8
2.3 Potential och hur får vi fram den.....	9
3. GEOFENCING SOM KONCEPT.....	10
3.1 Definition av geofencing och terminologi inom området.....	10
3.2 Geofencing som verktyg för regelefterlevnad	12
4. GEOFENCINGENS RAMVERK.....	15
5. EFFEKTER OCH UTVÄRDERING.....	17
5.1 Mål för transportsystemet år 2030 och prioriterade aspekter .	17
5.2 Effekter i genomförda pilotprojekt	18
5.3 Effekter i pågående och planerade pilotprojekt	21
5.4 Byggstenar för att uppskatta potentialer	23
5.5 Om behov av effekter som beslutsunderlag i åtgärdsval	29
6. EFFEKTPOENTIALER OCH GENOMSLAGSTAKT.....	30
6.1 Teknikutveckling och -spridning.....	31
6.2 Fordonsflottans utveckling	33
6.3 Problembildens påverkan på effektpotentialer	35
6.4 Fler hinder på vägen från pilotprojekt till storskalig implementering.....	36
6.5 Möjliga åtgärder och incitament.....	37
7. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	38
7.1 Trafikverket behöver ett bättre underlag	38
7.2 Andra aktörer har annat fokus eller andra intressen.....	38
7.3 Trafikverket bör ställa tydligare krav på pilotprojekt.....	39
7.4 Trafikverket bör själva driva fysiska pilotprojekt.....	39
8. REFERENSER.....	40

LÄSANVISNING OCH SAMMANFATTNING AV RAPPORTEN

Den här rapporten är en del i Trafikverkets arbete med att bygga kunskap om geofencingens möjliga effekter och potentialer. Utgångspunkten i uppdraget var att genomföra en potentialstudie för geofencing, men det bristande underlaget gjorde att vi fick ändra inriktningen på studien. I stället blev vårt fokus att sammanställa vad som krävs för att i framtiden kunna uppskatta effekter och potentialer för olika geofencing-tillämpningar.

I **kapitel 2** börjar vi med att gå igenom grundläggande begrepp och termer som vi använder i rapporten. De viktigaste begreppen är effekt, potential och jämförelsealternativ.

I **kapitel 3** utgår vi från Trafikverkets definition av vad geofencing är som koncept och beskriver dess egenskaper och funktioner. Vi bygger vidare på Trafikverkets tidigare arbete och idéskrift för geofencing där vi bland annat återanvänder de så kallade tillämpningsområdena hastighet, drivmedel, uppställning och tillträde. Vi ser att det grundläggande användningsområdet för geofencing är som verktyg för att öka eller säkra trafikanters efterlevnad av en regel eller ett uppsatt villkor. Potentialen med geofencing baseras på förhoppningen om att på ett effektivare sätt kunna stärka befintliga regler eller möjliggöra nya regler. Geofencing i sig är inte en åtgärd, tekniken kan däremot tillämpas i åtgärder som kan ha en eller flera funktioner: stödjande, uppföljande, övervakande eller styrande.

För att vi i framtiden ska kunna skatta effektpotentialer för geofencing måste vi förstå hur geofencing fungerar och hur effekter uppstår. Som hjälp har vi i **kapitel 4** tagit fram ett ramverk med syfte att skapa en struktur som tydliggör vad som både påverkar den valda utformningen av en åtgärd och de effekter som sedan syns i utvärderingen. Ramverket innehåller olika steg: åtgärdens utformning; antal fordon som kan påverkas; vilka fordon vi påverkar direkt och indirekt; och till sist åtgärdens effekter.

I **kapitel 5** Effekter och utvärdering går vi först igenom hur effekter hanteras i genomförda, pågående och planerade pilotprojekt. Genomgången baseras på tillgänglig litteratur och intervjuer med representanter för några av de utvalda projekten. Slutsatsen är att projekten inte har som huvudfokus att ta fram effekter som går att använda för att skatta större implementeringar. Anledningen till det är i huvudsak att projekten i stället fokuserar på att testa teknik och möjliga lösningar. Det finns också brister i form av att projekten inte svarar mot en problembild i den miljö där de genomförs, att de mäter fel indikator eller har ett för litet urval.

För att råda bot på de brister vi ser i utformningen av pilotprojekt lyfter vi i **avsnitt 5.4** hänvisar vi till ett antal byggstenar som behövs för att beräkna effekter som kan användas för att uppskatta potentialer. Vi nämner bland annat exempel på stöd för att utforma ett pilotprojekt och behovet av att tänka igenom problemformulering och vilka indikatorer som ska mätas. Vi visar också på hur pilotprojekt kan få till en utvärdering som lever upp till Trafikverkets transparenta planerings-

process genom användandet av jämförelsealternativ. Syftet med en utvärdering i ett pilotprojekt är att kunna isolera effekterna av en tillämpning. I samband med valet av jämförelsealternativ behövs också ett resonemang om hur tillämpningen påverkar regelsättandet (se **avsnitt 3.2**). Vi visar på tre olika sätt för att utvärdera en tillämpning i förhållande till andra verktyg: utan andra verktyg, i kombination med annat verktyg, mot ett annat verktyg. Exempel från genomgången av pilotprojekten visar att de val som görs i utvärderingen får stor betydelse för vilken effekt det går att tillskriva en tillämpning. I förlängningen kan det också påverka bilden av vilka behov geofencing kan möta och var geofencing har störst potential att bidra till effektiva lösningar i transportsystemet.

I **kapitel 6** ger vi en översiktlig bild av vilka faktorer som påverkar storleken på effektpotentialer och den möjliga genomslagstakten för olika typer av tillämpningar. Fokus ligger här på utveckling och spridning av teknik, fordonsflottans utveckling och hur problemen inom relevanta målområden kan tänkas utveckla sig.

I två relativt färskta undersökningar svarar fordonstillverkare och tjänsteleverantörer att de idag satsar merparten av sina utvecklingspengar på automatiserade fordon och elektrifiering. Samtidigt hävdar de att det inte är ett problem att utveckla ny teknik i sig. I stället anger de avsaknaden av en efterfrågan från marknaden som ett hinder för att de ska våga satsa. Ett sätt att skapa efterfrågan är att införa lagstiftning likt kraven på Intelligent Speed Assistance (ISA) som standard i nya fordon. Införandet av krav på ISA-system kommer sannolikt bidra till att öka andelen av fordonsflottan som kommer att ha teknik som kan användas för vissa geofencing-tillämpningar.

Hur snabbt fordonsflottan förändras påverkar både teknikspridningen, och behov och problem. Snabbare omsättning av fordonen gör att ny teknik som kan användas för geofencing sprids snabbare. Framför allt effektpotentialer men även genomslagstakt kommer att påverkas av hur problemen inom respektive tillämpningsområde utvecklar sig. Inom hastighetsområdet kommer nya fordons högre krocksäkerhet och fler stödsystem i fordonen kunna minska antalet allvarliga olyckor. Hastighets efterlevnaden kommer sannolikt fortfarande vara ett stort problem. Gällande drivmedel spelar kostnadsutvecklingen för rena elfordon en stor roll för potentialen för tillämpningar som styr hybridfordon till eldrift inom en viss zon. För tillträde och uppställning innebär den ökade konkurrensen om plats i städerna en potential för att använda geofencing för att effektivare styra användningen i tid och rum.

De främsta hindren för att implementera geofencing på en bredare front gäller lagstiftning, acceptans, datahantering och system som är säkra, robusta, och standardiserade. Förutom åtgärder och incitament inom dessa områden finns det möjligheter för Trafikverket att stödja privata aktörer till att använda geofencing.

Rapportens slutsatser och rekommendationer i **kapitel 7** består av att Trafikverket måste se till att det tas fram bättre underlag i pilotprojekt som fokuserar på användbara effekter i stället för på teknik och konceptuella lösningar. För att göra så måste Trafikverket både ha ett öppet förhållningssätt till att andra aktörer har annat fokus och samtidigt ställa tydligare krav på pilotprojekt som myndigheten deltar i. Både för att själva kunna ställa rätt krav och för att skaffa sig egna erfarenheter bör Trafikverket driva egna pilotprojekt som är direkt kopplade till myndighetens egen verksamhet och infrastruktur.

1. BAKGRUND TILL RAPPORTEN

Trafikverket tog 2021 fram en ”Idéskrift – Geofencing” (Trafikverket, 2021) som syftade till att sprida kunskap om geofencing som teknik inom Trafikverket för att på så sätt bidra till ett hållbart transportsystem. I idéskriften ges bland annat en introduktion till vad geofencing är, beskrivning av olika tillämpningsområden och en kategorisering av olika typer av tillämpningar och teknik.

Som ett komplement till idéskriften avsåg Trafikverket att genomföra en potentialstudie för att utvärdera möjliga tillämpningar som tas upp i *kapitel 3 - Idéer på Geofencing i Trafikverkets verksamhet* i idéskriften (Trafikverket, 2021a). Målsättningen med potentialstudien var att uppskatta effekt, potential, kostnader och möjlig genomslagstakt för de utpekade tillämpningarna. I inledningen av arbetet kunde det dock konstateras att det i dagsläget (hösten 2021) saknas underlag för att genomföra en sådan potentialstudie. Med anledning av detta omformulerades uppdragets syfte till att fokusera på vad som krävs för att kunna uppskatta effekter och potentialer i framtiden.

1.1 RAPPORTENS SYFTE, MÅL OCH FOKUS

Syftet med den här rapporten är att beskriva vad som krävs för att kunna uppskatta effekter och potentialer för olika geofencing-tillämpningar. Målen för rapporten är att

- (1) Öka förståelsen för geofencing som koncept
- (2) Redovisa vad som behövs för att beräkna effekter som går att använda för att uppskatta potentialer
- (3) Kartlägga kunskapsläget om effekter av och genomslagstakt för olika tillämpningar
- (4) Ta fram stöd för utformandet av framtida pilotprojekt om geofencing.

Utgångspunkterna för rapporten är att se på geofencing utifrån Trafikverkets perspektiv och att fokusera på tillämpningar som Trafikverket har rådighet över. Vidare fokuserar rapporten mer på tillämpningarnas utformning och potential snarare än de tekniska lösningarna.

Effekterna som ingår i rapporten är de som är kopplade till målen och de prioriterade aspekterna i Trafikverkets rapport ”Tillgänglighet i ett hållbart samhälle – Målbild 2030” (Trafikverket, 2019).

Ett viktigt perspektiv för rapporten är att geofencing ska kunna jämföras med andra verktyg och åtgärder i linje med Trafikverkets åtgärdsvals metodik.

1.2 RAPPORTENS MÅLGRUPP

Den här rapporten riktar sig till dig som på något sätt uppfyller en eller flera av följande punkter

- Är intresserad av och följer utvecklingen av geofencing
- På olika nivåer jobbar med åtgärdsval och åtgärdsvalsstudier
- Planerar för att genomföra ett pilotprojekt om geofencing
- Arbetar med frågor som berör effektsamband och hur digitalisering påverkar metoder och synsätt.
- Är intresserad av hur olika aktörer kan samverka kring framtida geofencing-tillämpningar.

2. GRUNDLÄGGANDE BEGREPP OCH VAD VI MENAR MED EFFEKT OCH POTENTIAL

I det här kapitlet går vi igenom några av de grundläggande begrepp och termer som vi använder i rapporten. Vi förklarar också vad vi menar med effekt och potential och vilka svårigheter som finns med att beräkna och uppskatta dessa.

2.1 TILLÄMPNING OCH ÅTGÄRD

En *tillämpning* beskriver vad geofencing används för, det vill säga för vilken typ av situation eller problem. Exempel på tillämpningar är hastighetsäkring i en skolzon, styrning av drivlina till eldrift inom en zon, dispensstilldelning för förbud mot fordonstrafik för nattleveranser.

Med *åtgärd* menar vi i sin tur när en tillämpning definierats i tid och rum och utformats för den specifika situationen och miljön med tanke på regler, teknik och målgrupper med mera.

2.2 EFFEKT, JÄMFÖRELSEALTERNATIV OCH SVÅRIGHETERNA MED ATT MÄTA

Med effekt menar vi skillnaden mellan två situationer, en situation med en tillämpning och en situation som är identisk den förra men utan tillämpningen. Eftersom vi aldrig kan mäta helt identiska situationer innebär det att i alla fall en av situationerna kommer att vara hypotetisk. Skillnaden mellan situationerna mäts i variabler som har med måluppfyllelse att göra. En av svårigheterna med att mäta effekter är att fastställa hur jämförelsealternativet ska se ut. Att använda sig av ett jämförelsealternativ innebär att bilda sig en uppfattning om hur den hypotetiska världen utan det som testades i studien skulle sett ut.

Ett vanligt upplägg för pilotprojekt är före-efter studier där före-situationen används som jämförelsealternativ. Ett problem med den typen av jämförelser är att allt annat i omvärlden sällan ser likadant ut över tid. Det är inte osannolikt att det uppstår störande faktorer och variabler som påverkar projektets genomförande och uppmätta effekter. Vi kommer i kapitel 5 se exempel på pilotprojekt som för fram mörker och väglagsförhållanden i efter-perioden som en förklaring till att de uppmätta effekterna inte blev större.

2.3 POTENTIAL OCH HUR FÅR VI FRAM DEN

Med potential menar vi de sammanlagda effekterna av en möjlig större implementering av en tillämpning. För att bedöma potentialer behöver vi först bestämma oss för hur stor en ”större implementering” skulle vara och hur den skulle kunna se ut. För vissa tillämpningar kan det vara enkelt att säga att en större implementering gäller alla trafikanter eller fordonsslag i en viss miljö. I andra fall kan den större implementering bestå av flertalet mindre isolerade åtgärder men som tillsammans har en större effekt. För att uttala sig om storleken på den ”större implementeringen” behöver vi för respektive tillämpning identifiera hur många situationer eller fordon som kan vara aktuella respektive berörs.

Nästa problem med att bedöma potentialer handlar om att fundera över hur giltiga effekterna i en mindre avgränsad studie är i ett större sammanhang. Det kan finnas skäl till försiktighet med att skriva upp effekter för ett mindre urval till en större population. Den är inte säkert att effekterna är linjära i förhållande till antalet deltagare. Förutom uppenbara problem med begränsningar i representativitet i urvalet och de beteenden som trafikanter visar upp i en kontrollerad miljö, kan en tillämpning ha minskande effekt över tid när trafikanterna vänjer sig vid den.

3. GEOFENCING SOM KONCEPT

För att beskriva effektpotentialer och möjlig genomslagstakt för olika tillämpningar måste vi först förstå mer om vad geofencing är som koncept. I det här kapitlet börjar vi med att presentera den definition av geofencing som används av Trafikverket som togs fram i idéskriften (Trafikverket, 2021a). I avsnitt 3.2 ser vi på geofencing som verktyg för regelefterlevnad och vad det kan tillföra i jämförelse med befintliga åtgärder och verktyg.

3.1 DEFINITION AV GEOFENCING OCH TERMINOLOGI INOM OMRÅDET

Som hjälp för att prata om möjligheterna och potentialerna med geofencing är det viktigt att utgå från en gemensam bild av vad det är. I tidigare rapporter har Trafikverket skapat sig en terminologi för och benämnt olika delar inom geofencing. För att utveckla geofencingen som koncept återanvänder vi några av dessa och uppdaterar andra.

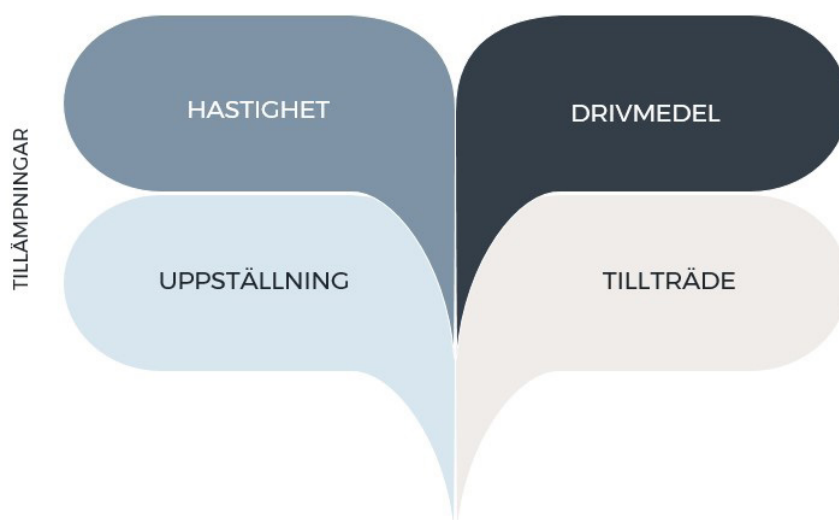
Då geofencing är ett område som är under utveckling och där flera perspektiv samspelar så det är inte alltid enkelt att göra skarpa gränsdragningar. Det kan därför finnas överlapp i olika definitioner och tillämpningar.

Trafikverkets definition av geofencing:

Geofencing är ett samlingsbegrepp för ett digitalt definierat geografiskt område/sträcka där (uppkopplade) fordon kan begränsas, styras eller informeras i dess framförande, baserat på digitala trafikregler eller överenskomna villkor.

Ibland används även begreppen *geostaket* och *digitala staket* som benämningar för geofence/geofencing.

Från idéskriften hämtas de fyra tillämpningsområdena: *hastighet*, *drivmedel*, *uppställning* och *tillträde*. Beroende på situation kan ett tillämpningsområde kombineras med något av de andra. Exempelvis kan ett hybridfordon få tillträde till en zon förutsatt att det styrs över till eldrift. Ett annat exempel är när ett tungt fordon får

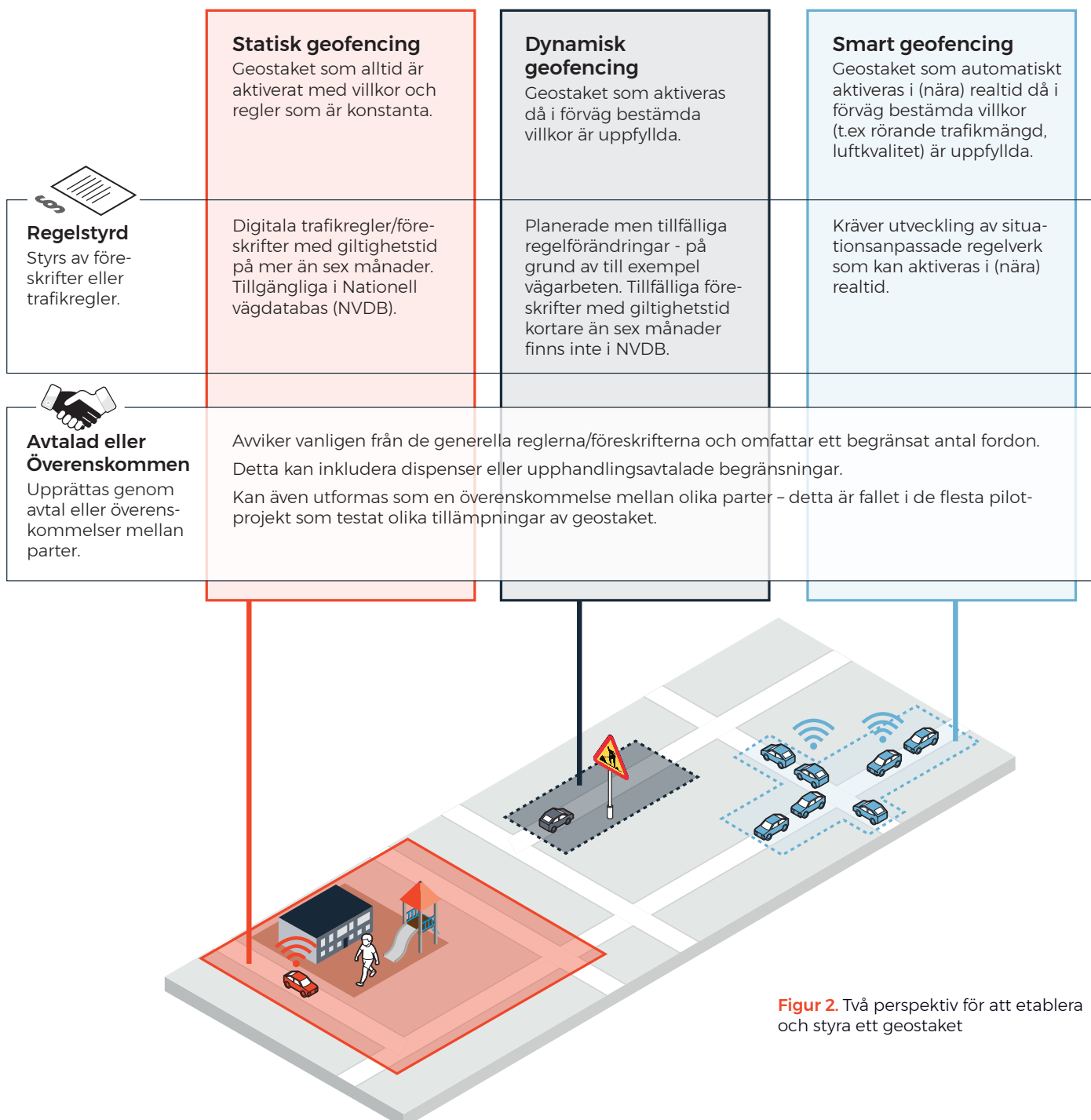


Figur 1. De fyra tillämpningsområden: hastighet, drivmedel, uppställning och tillträde hämtade från idéskriften.

dispens att köra på en väg mot att det garanterat håller en lägre hastighet vilket då gör att det belastar vägen mindre.

Ett annat perspektiv som är viktigt att ha med sig för att förstå och utforma olika tillämpningar av geofencing är att geostaket kan etableras och styras på olika sätt. Matrisen nedan visar en vidareutveckling av det resonemang kring detta som togs upp i idéskriften (Trafikverket, 2021a). Matrisen beskriver tillämpningar av geofencing ur två perspektiv – hur statistiskt/föränderligt ett geostaket är samt hur geostaket styrs och etableras – utifrån regler eller avtal/överenskommelser.

En sak som kan störa i förståelsen av indelningen är att avtalade villkor kan vara relaterade till innehållet i en föreskrift eller trafikregel. Det behöver alltså inte till-



Figur 2. Två perspektiv för att etablera och styra ett geostaket

komma nya regler utan enbart att aktörer förbinder sig att följa dem och att med hjälp av geofencing redovisa denna efterlevnad. För en offentlig huvudman kan det exempelvis handla om att en bussoperatör i en upphandling måste förbinda sig till att garantera att deras förare/fordon följer hastighetsgränserna. Det kan också handla om privata aktörer som ställer krav på sig själva eller sina underleverantörer. Det är alltså inte nödvändigt att involvera väghållaren eller en myndighet för att genomföra en tillämpning.

De regler och villkor som styr en tillämpning inom det geofencade området kan i sin tur i olika grad stödja eller styra föraren/fordonet. Styrningen kan, i alla fall i teorin, både vara frivillig och tvingande. Exempel på olika tillämpningar och grad av stöd och styrning finns i idéskriften (Trafikverket, 2021a). Ett längre resonemang om vad som kan anses vara tvingande tillämpningar och möjligheten att införa dessa med gällande lagstiftning återfinns i promemorian *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket* (Regeringskansliet, 2021).

3.2 GEOFENCING SOM VERKTYG FÖR REGELEFTERLEVNAD

Den grundläggande egenskapen med geofencing är att trafikanter i högre grad eller med en godtagbar sannolikhet ska följa uppsatta regler. Som vi beskrev ovan kan en regel både sättas i form av en trafikregel eller föreskrift, alternativt i form av ett avtalat villkor för en specifik tillämpning.

Intresset för geofencing-tillämpningar jämfört med andra metoder för regellefterlevnad är baserat på en förhoppning om att tillämpningarna på ett effektivare sätt antingen kan

1. Öka regellefterlevnaden av befintliga regler
2. Möjliggöra nya regler
 - a. Mer precisa regler
 - b. Mer generella regler.

Förhoppningen är att geofencing radikalt kan sänka kostnaderna för att övervaka eller stärka efterlevnaden av en regel. De olika sätten som geofencing kan användas på beskriver ett förhållande där det kan användas både med befintliga regler och som åtgärd för att sätta nya regler.

1. Öka regellefterlevnaden av befintliga regler

Det första sättet vi kan använda geofencing på är stärka effekten av befintliga verktyg och regler. Ett exempel är på hastighetssidan där vi med förarstöd eller styrning kan öka eller säkerställa hastighetsefterlevnaden, se exempelvis pilotprojekt med skolzoner i avsnitt 5.2.

2. Möjliggöra nya regler

Det andra sättet är att vi tack vare att vi kan säkerställa en tillräckligt hög efterlevnad ökar möjligheten för att sätta nya regler.

- a. **Mer precisa regler** Exempelvis möjligheten att ge dispens från förbud mot fordonstrafik för fordon som omfattas av geofencing, se pilotprojekt med nattleveranser i avsnitt 5.2.
- b. **Mer generella regler** Exempelvis lägre hastighetsgränser där vi idag sannolikt inte skulle få tillräckligt god efterlevnad.

Att sätta regler enligt punkt (2) kan vi tillåta oss eftersom geofencing kan garantera en grad av efterlevnad som den regelsättande parten tycker är godtagbar. I teorin skulle vi även utan geofencing kunna sätta reglerna men i praktiken vore det inte önskvärt om vi inte kan garantera en viss nivå av regelefterlevnad. Geofencing kan därför sägas öka sannolikheten för att införa nya regler.

3.2.1 Regelefterlevnad och uppföljning

En geofencing-tillämpning kan ha en eller flera av följande funktioner för att förmå förare och fordon att följa en regel: stödjande, uppföljande, övervakande och/eller styrande. Den stora effektpotentialen med geofencing uppstår när vi med en tillämpning kan påverka nära nog alla fordon i en viss trafikmiljö. För att komma dit behöver vi se en utveckling både gällande spridning av teknik i fordonen och inom lagstiftningen, se kapitel 6 Effektpotentialer och genomslagstakt.

Gällande regelefterlevnad är det relevantt att se på vad som styr människors handlande. Inom kriminologin används teorin om rationella val som går ut på att vi människor styr vårt handlande utifrån en personlig uppskattning av sannolikheten att åka fast kombinerat med graden av straff (Becker, 1968). Principerna för hur regelefterlevnaden påverkas både av graden av övervakning och graden av straff har visat sig vara giltiga även för trafikanters beteenden (Hamilton, 2012). Övervakningen och straffskalan har alltså tillsammans en förebyggande effekt.

Med geofencing går det att genomföra tillämpningar som kontinuerligt i realtid övervakar och styr ett fordon. Sådana tillämpningar kan helt ta bort vissa typer av trafikförseelser eller säkra ett önskvärt beteende. Tillämpningar som i stället är mer stödjande eller uppföljande kan också ge stora bidrag till regelefterlevnaden. Generellt är sannolikt stödjande och uppföljande tillämpningar enklare att etablera än övervakande och styrande.

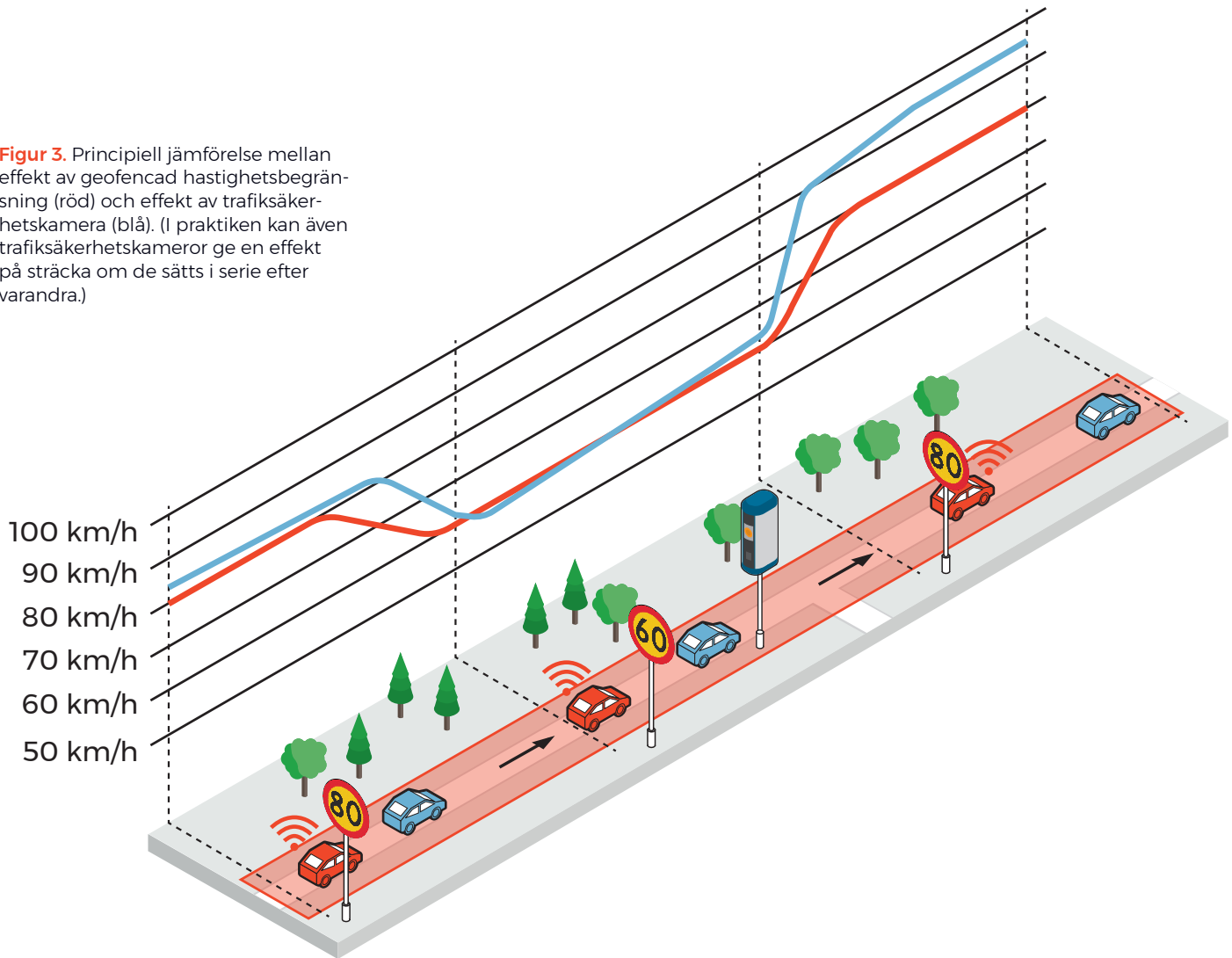
Ansvar för regelefterlevnad

I ett avsnitt om regelefterlevnad är det viktigt att påminna om att ansvaret för trafikövervakningen är en polisiär uppgift. Däremot väger vägghållare likt Trafikverket in möjlighet till god regelefterlevnad i sin myndighetsutövning. För Trafikverket sker det exempelvis vid föreskrivning av hastighetsbegränsningar.¹

I frivilliga avtal eller överenskommelser mellan två och flera parter ligger ansvaret för att övervaka eller följa upp efterlevnaden på de inblandade själva. Vägghållaren kan vara med som en part men behöver inte vara det.

¹ <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Trafikregler/stfs---for-myndigheter-som-beslutar-trafikforeskrifter/om-stfs/Trafikforeskrifter-/>, hämtad 2021-10-21

Figur 3. Principiell jämförelse mellan effekt av geofencad hastighetsbegrän-sning (röd) och effekt av trafiksäker-hetskamera (blå). (I praktiken kan även trafiksäkerhetskameror ge en effekt på sträcka om de sätts i serie efter varandra.)



3.2.2 Exempel på jämförelse i åtgärdsval

När geofencing ska jämföras med andra verktyg och åtgärder är det viktigt att se på vilka funktioner och vilken typ av effekt de har. Den stora skillnaden är att geofencing tillför en möjlighet till att få en funktion som är i princip heltäckande i både tid och rum. Marginalkostnaden för att öka användningen av en tillämpning i tid och rum är i teorin liten.

Med geofencing går det att i alla fall i teorin ta bort möjligheten för att göra fel. Exempelvis skulle en geofencad hastighetsbegrän-sning kunna ta bort möjligheten att köra för fort.

Förutom möjligheten att få en i princip heltäckande funktion är fördelen med geofencing kontra traditionella åtgärder en högre flexibilitet. Det går både att skräddarsy en åtgärd för just den målgrupp man vill nå och att enklare (i alla fall i teorin) ändra åtgärdens utformning.

Nackdelen är framför allt om en tillämpning kräver ett nära nog hundra procentigt deltagande av fordonen i en trafikmiljö för att nå önskvärd funktion och effekt. Nivån på deltagandet är beroende av förutsättningar så som den tekniska utvecklingen i fordonsflottan, lagstiftning och acceptans. För vissa åtgärdsval kan det vara svårt att nå en acceptans för att välja geofencing istället för fysiska åtgärder så som farthinder eller en skyddsanordning vid ett vägarbete. Snarare kommer geofencing i dessa tillfällen i stället att fungera som en kompletterande åtgärd.

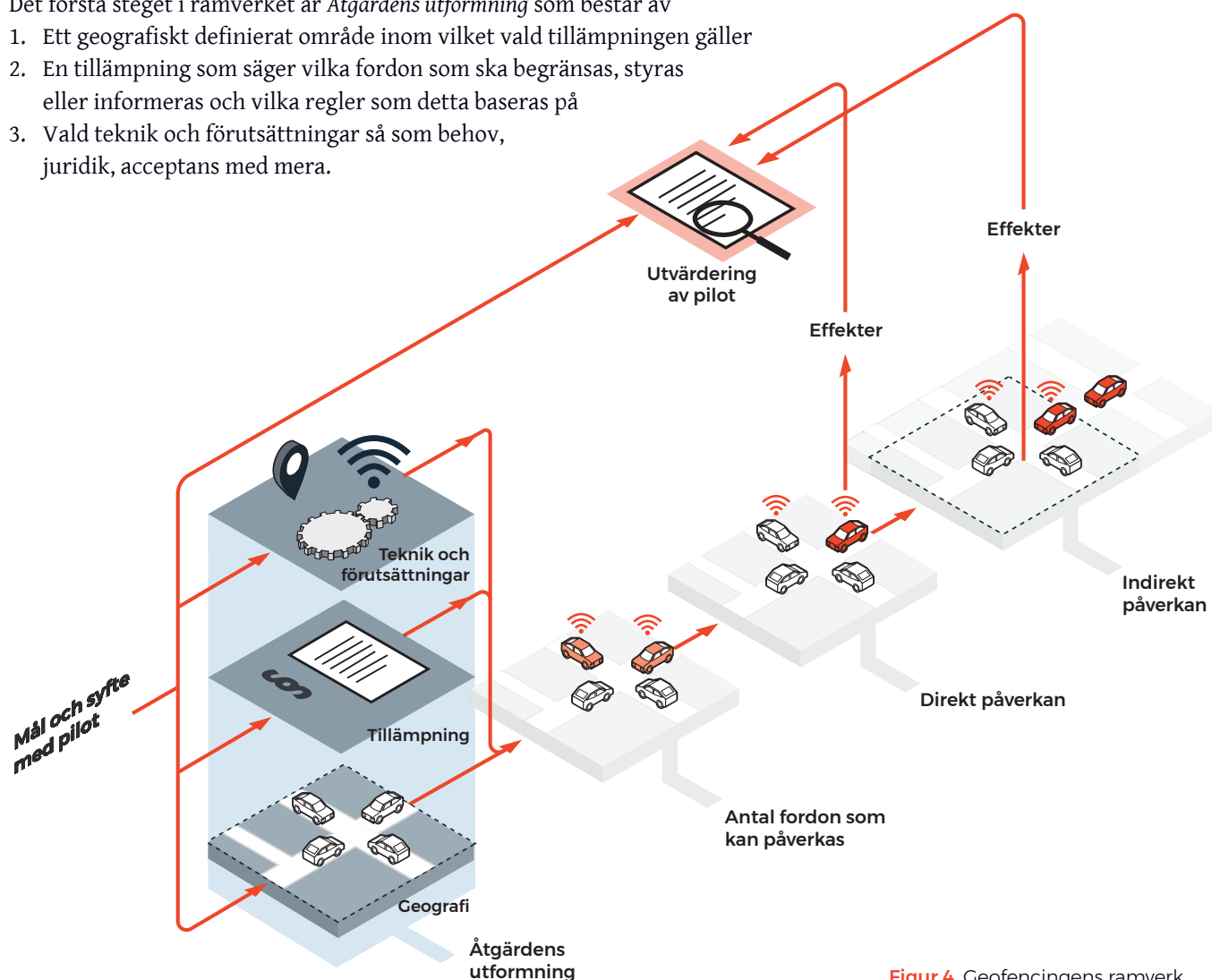
4. GEOFENCINGENS RAMVERK

I det här kapitlet föreslår vi ett ramverk som ska hjälpa oss att förstå geofencing och för att underlätta framtagandet av så kallad *generaliserbar kunskap* i pilotprojekt. Att kunskap är generell innebär att den inte bara säger något om det som specifikt testades i pilotprojektet och att den kan hjälpa oss att uppskatta effektpotentialer och genomslagstakt. Ramverket är tänkt att fungera som ett stöd för den som ansvarar för att utforma, genomföra och utvärdera ett pilotprojekt eller ett test inom geofencing.

För att vi i framtiden ska kunna skatta effektpotentialer för geofencing måste vi börja med att förstå hur geofencing som koncept fungerar. Som hjälp har vi alltså tagit fram ett ramverk där vi delar upp genomförandet av en åtgärd i olika steg. Förhoppningen är att ramverket kan vara till hjälp för att skapa struktur i ett pilotprojekt så att det är tydligt vad som både påverkar den valda utformningen och de effekter som sedan syns i utvärderingen.

Det första steget i ramverket är *Åtgärdens utformning* som består av

1. Ett geografiskt definierat område inom vilket vald tillämpningen gäller
2. En tillämpning som säger vilka fordon som ska begränsas, styras eller informeras och vilka regler som detta baseras på
3. Vald teknik och förutsättningar så som behov, juridik, acceptans med mera.



Figur 4. Geofencingens ramverk

Åtgärdens utformning ger i nästa steg hur många fordon som kan påverkas i området. Antalet som kan påverkas är nära kopplat till den valda tekniklösningen och sättet vi väljer att begränsa, styra eller informera ett fordon. Anledningen till att gå via detta steg innan vi ser på åtgärdens påverkan är att vi på detta sätt kan ta höjd för situationer där inte alla påverkbara fordon, det vill säga fordon som är uppkopplade mot tillämpningen, faktiskt kommer att följa den regel eller det villkor vi vill att de ska följa. Det kan handla om att föraren väljer att stänga av en begränsning eller att hen inte agerar utifrån den information som skickas till fordonet. Det kan också handla om brister i tekniken eller i systemet som gör att informationsöverföringen inte fungerar.

I nästa steg ser vi på åtgärdens direkta påverkan. Med direkt påverkan avser vi den påverkan vi har på fordon som både (1) är inom det definierade området och (2) svarar på den information som tillämpningen skickar och därmed påverkas av den regel vi satt upp.

De fordon vi har en direkt påverkan på kommer också medföra en indirekt påverkan. Det kan handla om att framförandet av dessa fordon ändras även utanför vårt område. Det kan också handla om att de påverkar andra fordon, både inom och utanför området.

Både den direkta och den indirekta påverkan vi har på hur fordon framförs kommer att få effekter som går in i vår utvärdering. Om åtgärden är väl utformad bör vi ha positiva effekter från framför allt de fordon som vi påverkade direkt. Vi kan dock inte utesluta att vi från vår direkta påverkan även kan få negativa effekter. Ett möjligt exempel på detta kan vara hur förare väljer att riskkompensera på grund av att de litar på ett avancerat förarstödssystem. Även effekterna från vår indirekta påverkan kan vara både positiva och negativa. Exempel på en positiv effekt kan vara att en lägre hastighet från direkt påverkade fordon i tät trafik skulle kunna hålla tillbaka hastigheten även för icke-påverkade fordon. Ett exempel på en möjlig negativ effekt kan vara att förare väljer att köra fortare utanför ett hastighetskontrollerat område.

I nästa kapitel (kapitel 5) kommer vi att gå vidare med att se på hur vi kan få fram *generaliserbar kunskap* som kan hjälpa oss att uppskatta effektpotentialer och genomslagstakt. I kapitel 6 går vi vidare med att se på vad som påverkar både storleken på effektpotentialerna och med vilken takt en tillämpning kan tänkas slå igenom. Exempel på viktiga faktorer här är trafikmix, trafikmiljö, trafikarbete för olika fordons typer med olika drivmedel, införandet av förarstödssystem, lagstiftning med mera.

5. EFFEKTER OCH UTVÄRDERING

Fokus i den här rapporten var som utgångspunkt att hitta uppmätta effekter från verkliga projekt och försök. Som vi kommer att se nedan har vi inte hittat några resultat som vi kan använda för att räkna fram potentialer. Detta måste i stället komma från pågående eller framtida pilotprojekt.

Det här kapitlet börjar med att utifrån mål för transportsystemet år 2030 se på vilken typ av effekter som bör beaktas. Därefter går vi igenom kunskapsläget gällande geofencingens möjliga effekter i både genomförda, pågående och planerade pilotprojekt.

Med avsaknaden av effekter i rätt format och mängd beskriver vi vilka så kallade *byggstenar* som behövs i framtida pilotprojekt för att uppskatta potentialer. I sista delen av kapitlet resonerar vi om behovet av uppskattning av effekter från pilotprojekt. Vi ser också på möjliga förklaring till varför genomförda projekt inte lyckats få fram kvantifierbara effekter med tillräckligt god precision för att användas till att uppskatta större implementeringar.

5.1 MÅL FÖR TRANSPORTSYSTEMET ÅR 2030 OCH PRIORITERADE ASPEKTER

Rapporten *"Tillgänglighet i ett hållbart samhälle - Målbild 2030"* (Trafikverket, 2019) lyfter fram tio prioriterade hållbarhetsaspekter. Fyra aspekter gäller för målområde *Tillgänglighet*: tillgänglighet i hela landet, tillgänglighet för alla, tillförlitlighet och enkelhet, och trygghet. Övriga sex aspekter gäller för målområdena *Miljö, Hälsa och Trafiksäkerhet*: klimat, luftkvalitet, buller, biologisk mångfald, trafiksäkerhet och aktivt resande.

Kopplade till aspekterna finns 14 mål varav det för fem av målen finns definierade målnivåer. Därtill är två av målen formulerade som inriktningsmål, det vill säga att de är formulerade som att något ska bli bättre. Alla mål som är definierade eller har en inriktning är inom målområdena miljö, hälsa och trafiksäkerhet. För tillgänglighet är målen i stället mer kvalitativa och anger önskvärda tillstånd. För aspekterna tillförlitlighet och enkelhet, samt trygghet är målen kopplade till hur användare upplever transportsystemet.

Fokus i det här uppdraget har varit att identifiera den typ av effekter som med



Figur 5. Trafikverkets tio prioriterade hållbarhetsaspekter (Trafikverket, 2019)

rimlig insats går att bedöma kvantitativt och som kopplar till de mål och nyttor som ofta nämns gällande geofencing. I idéskriften (Trafikverket, 2021a) lyfts följande fram: *smartare nyttjande av befintlig infrastruktur, trafiksäkerhet, och miljö och hälsa*. Samma typ av effekter och nyttor beskrivs både i propositionen *En samlad politik för klimatet - klimatpolitisk handlingsplan* (Regeringen, 2019) och i promemorian *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket* (Regeringskansliet, 2021).

5.2 EFFEKTER I GENOMFÖRDA PILOTPROJEKT

Det har genomförts en mängd pilotprojekt där olika tillämpningar av geofencing testats antingen i form av verkliga pilotprojekt, eller i form av konceptuella modelleringar och simuleringar.

Beskrivningar av några olika pilotprojekt finns i den ovan nämnda idéskriften (Trafikverket, 2021a). En mer systematisk översikt av verkliga projekt går att hitta i en litteraturstudie för åren 2005–2018 framtagen inom det norska projektet GeoSUM (Foss, Seter, & Arnesen, 2019). Inom EU-projektet GeoSense har översikten blivit uppdaterad med projekt avslutade mellan 2019 och mitten av 2021 (Hansen, o.a., 2021). Parallellt med GeoSense litteraturstudie har Infrastrukturdepartementet i sin promemoria *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket* (Regeringskansliet, 2021) sammanställt en översikt av genomförda, pågående och planerade pilotprojekt och försök både i Sverige och i andra länder. De exempel som redovisas i promemorian överlappar i huvudsak innehållet i litteraturstudierna.

5.2.1 Effekter i pilotprojekten i GeoSense litteraturstudie

Fokus med ovanstående litteraturstudier har varit att ge just en översikt för hur geofencing tillämpas idag och möjliga tillämpningar i framtiden. I GeoSense litteraturstudie ingår även ett kapitel om vad som går att lära av genomförda pilotprojekt inklusive ett kort avsnitt om effekter (Hansen, o.a., 2021). Avsnittet om effekter begränsar sig till att återge och beskriva typ av effekter (exempelvis lägre CO₂-utsläpp) från utvärderingar av sex pilotprojekt eller testade lösningar. De utvärderingar som nämns är utvalda från ett begränsat material, antalet identifierade utvärderingar är helt enkelt få². I tabell redovisar vi de uppmätta effekter som utvärderingarna i GeoSense:s litteraturstudie lyfter fram.

5.2.2 Svårigheten att definiera jämförelsealternativ

Att få fram en effekt innebär alltid en jämförelse. För geofencing innebär det att en värld med en tillämpning jämförs med en värld utan samma tillämpning. Några av pilotprojekten använder sig av före-efter studier som dock inte löser problemet med störande faktorer (exempelvis kallare väder i de norska pilotprojekten ovan). Ett annat vanligt problem är var och hur man ska sätta en studies systemavgränsningen (exempelvis pilotprojektet med Nattleveranser).

De tre pilotprojekten *Elhybridbuss*, *Nattleveranser* och *Smartfusion* som automatiskt styr till eller ställer krav på eldrift som en del av tillämpningen har samma typ av jämförelsealternativ. De har alla valt att jämföra fordon med eldrift i utrednings-

2 Mejlsvår från Lilian Hansen, SINTEF, 2021-11-17.

Figur 6. Sammanställning av relevanta effekter som de sex pilotprojekten själva lyfter fram

Pilotprojekt	Effekter i utvärderingen	Kommentar
Elhybridbuss på linje 55 i Göteborg - styrning till eldrift och begränsning av maxhastighet (ElectriCity, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • För testprojekt med busslinje • Mer nöjda resenärer • Lägre energianvändning (-80 procent), utsläpp och buller med eldrift jämfört med dieseldrift 	GeoSense:s litteraturstudie hänvisar till att den refererade rapporten innehåller information om förarnas acceptans för styrningen av drivlina och hastighet. Den informationen återfinns dock inte i den aktuella rapporten.
GeoSUM - miljözoner med incitament för eldrift av laddhybridbilar i Oslo och i Trondheim (Dahl, Arnesen, & Seter, 2020) (Arnesen, Seter, Tveit, & Bjerke, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad andel körning på el i zonen (+7 procent av total fordonskilometer) • Minskad andel körning på el utanför zonen (-9 procent av total fordonskilometer) 	Författarna reserverar sig för att resultaten antagligen påverkats av att försöket genomfördes vid en kallare tidpunkt jämfört med referensperioden vilket sannolikt ger kortare räckvidd på el.
GeoSUM - skolzoner med förarstöd för hastighetsefterlevnad i Oslo och i Trondheim (Dahl, Arnesen, & Seter, 2020) (Arnesen, Seter, Tveit, & Bjerke, 2021)	Mindre indikationer på minskade hastigheter vid passage in i skolzonerna, men ingen tydlig effekt på de deltagande förarnas medelhastigheter.	Även här reserverar sig författarna för hur resultaten kan ha påverkats av att försöket genomfördes vid en kallare tidpunkt jämfört med referensperioden med tanke på att ökad risk för halka kan vara en orsak till lägre hastigheter.
Nattleveranser i Stockholm med rena och tysta fordon (LOTS Group, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Minskad körtid (-30 procent) • Ökad punktlighet (+4 procent) Minskade utsläpp av CO2 (-20 till -44 procent), PM10 (-24 till -28 procent), NOx (-33 till -80 procent)	Förutom uppmätta effekter resonerar utvärderingen om acceptans hos förare baserat på en intervju med den förare som deltog i projektet. Därtill är en möjlig effekt minskad belastning i högtrafik.
Smartfusion - miljözon med styrning av hybridlastbil till eldrift i Berlin (Leonardi, o.a., 2015)	Minskat antal fordonskilometer med diesel ger minskade utsläpp av CO2 (-24 procent per fordonskilometer)	Rapporten innehåller även uppskattningar av kostnadsbesparingar tack vare minskad dieselförbrukning. Rapporten hävdar också att den största nyttan med en hybridlastbil inte är minskade CO2-utsläpp utan snarare minskning av andra emissioner och buller. Att mäta/uppskatta dessa effekter ingick däremot inte i studien.

alternativet mot fossildrivna fordon för samma trafikarbete. Följden blir att de kan räkna hem positiva effekter på energianvändning, emissioner och buller.

De tre pilotprojekten har i grunden olika typer av styrning som gör att kopplingen mellan själva tillämpningarna och de beräknade effekterna ser olika ut. För *Elhybridbuss* och *Smartfusion* är styrningen av drivlinan själva åtgärden medan i *Nattleveranser* är eldriften ett villkor uppsatt i projektet som möjliggör att ge dispens för att genomföra transporter på natten.

Ett pilotprojekt bör egentligen bara kunna tillskriva sig de beräknade positiva effekterna om vi kan anta att motsvarande transportuppgifter skulle ha utförts med fossildrift om inte tillämpningen funnits. Det orsakssambandet är långt ifrån självklart, och särskilt osäkert när det gäller projekt likt *Nattleveranser*. Sambandet är bara rimligt om (1) eldrift normalt är olönsamt för transportföretaget, (2) nattleveranser är en attraktiv lösning för alla parter, och (3) beslutsfattarna bara är villiga att tillåta nattleveranser under förutsättningar att tillämpningen garanterar eldriften.

Eldriften är i projektet med *Nattleveranser* viktig då den minskar bullret från fordonen. I utvärderingen av *Nattleveranser* (LOTS Group, 2019) finns det inget resonemang om den kopplingen eller mätningar som visar på hur mycket bullret minskar tack vare eldriften (bullernivåer ingick inte som utvärderingsmått i pilotprojektet). Som underlag för att skatta möjlig påverkan på trängseln i rusningstrafiken, vilket var ett huvudsyfte med projektet, hade det också varit värdefullt med andra mått i utvärderingen. Exempelvis antalet fordonskilometer som var en indikator som togs bort underhand i projektet (LOTS Group, 2019). Det hade också varit värdefullt med ett resonemang om hur stor andel av trafikarbetet i projektet som tidigare gick i rusningstrafiken.

I GeoSUMs miljözonspilot är jämförelsealternativet enklare i den mening att piloten jämför driften av samma fordon med och utan incitament i form av en före-efter-studie. Utvärderingen är gjord i form av en publicerad artikel (Arnesen, Seter, Tveit, & Bjerke, 2021) och ger kunskap om hur incitament kan påverka förarens benägenhet att köra på el med laddhybrid. Inom miljözonen ökade trafikarbetet med el medan det minskade utanför. Förändringarna motsvarades av det omvända för trafikarbetet med fossildrift. Författarna reserverar sig för en rad omvärldsfaktorer som kan ha påverkat resultaten i negativ mening, se tabell ovan. Artikeln tar också upp att laddhybriderna redan i före-läget premierar eldrift automatiskt då den typen av resor som går inom zonerna är kortare. En annan som kan påverka hur drivlinorna automatiskt väljer el är förarnas körmönster och kopplingen till trafikmiljön (se exempelvis (Ericsson, 2000)).

I GeoSUMs andra pilot med skolzoner registrerades samma förarens medelhastigheter i zonen först utan och sen med förarstödssystemet. Utvärderingen av försöket visade inte på någon signifikant effekt på förarnas medelhastigheter (Foss, Seter, & Arnesen, 2019). Även för den här piloten resonerar författarna om omvärldsfaktorer som kan ha påverkat resultaten, exempelvis halka som gjort att förarna kört långsammare. Något som saknas i utvärderingen är ett resonemang om problembilden och om hur väl urvalet och förarnas körmönster representerar den faktiska trafiksituationen. Här är svårigheten att korrigera för (1) hur hastighetsefterlevnaden vanligtvis ser ut hos de rekryterade förarna på de aktuella vägarna, och (2) hur försöket påverkade deras efterlevnad i före-läget. Om försöksgruppen inte har ett problem med hastighetsefterlevnaden kommer heller inte en tillämp-

ning att ge något större resultat. En tillämpning för skolzoner är kanske på många platser heller inte en åtgärd främst för att öka trafiksäkerheten utan i stället ett sätt för att öka den upplevda tryggheten på och runt vägarna (Polismyndigheten, 2016).

I intervju med projektledaren för GeoSUM (Arnesen P. , 2021) framkommer att fokus för deras pilotprojekt har varit tekniska utmaningar gällande digitala sätt att förmedla trafikregler. För miljözonspiloten var geofencing sekundärt, fokuset var att studera möjlig lösning med differentierade vägavgifter.

5.3 EFFEKTER I PÅGÅENDE OCH PLANERADE PILOTPROJEKT

Vid den här rapportens färdigställande finns det flera pågående och planerade pilotprojekt gällande geofencing. Här redovisar vi två pilotprojekt som lyfts fram med anledning av att vi för dessa har fått en insikt om hur projekten kommer att arbeta med effekter. För fler pågående och planerade pilotprojekt hänvisar vi till GeoSense litteraturstudie (Hansen, o.a., 2021).

5.3.1 Smarta urbana trafikzoner

Projektet startade år 2020 och är ett samarbete mellan ett flertal aktörer som leds av CLOSER och Trafikverket och finansieras av Vinnova och deltagande parter. Inom projektet ska tre demonstrationsprojekt genomföras med avslut under 2022 (Smarta urbana trafikzoner, 2020)

1. Innovationszon Hornsgatan (Stockholm) – Hastighetsanpassning utefter mängden oskyddade trafikanter i rörelse
2. Digitalt villkorsgivna byggtransporter - Effektivisering av tunga transporter genom villkorad körning
3. Säkra utfarter – Ökad säkerhet kring byggplatsutfarter genom en smart urban trafikzon.

I intervju med ansvarig för systemanalysen av demonstrationsprojekten framkommer att de i stort inte kommer att bidra med effekter som går att använda för att uttala sig om potentialer (Vadeby, 2021). En anledning till det är att antalet deltagande fordon är för litet. Att få ihop ett tillräckligt stort antal fordon verkar vara ett återkommande problem vid fältstudier, se exempelvis i FESTA-handledningen sida 9 (FOT-Net, 2013).

En annan anledning till att projekten inte förväntas få fram effekter som går att använda för att skatta implementering i en större skala kan vara att effekterna inte går att se i mätningarna. En förklaring till det kan vara att det saknas en problembild för den indikator som projektet mäter. Exempelvis som för hastighetsanpassningen på Hornsgatan där hastighetsefterlevnaden redan idag är god och där platsen är utvald mer utifrån var kommunen har tillgänglig mätutrustning (Vadeby, 2021).

5.3.2 GeoSense

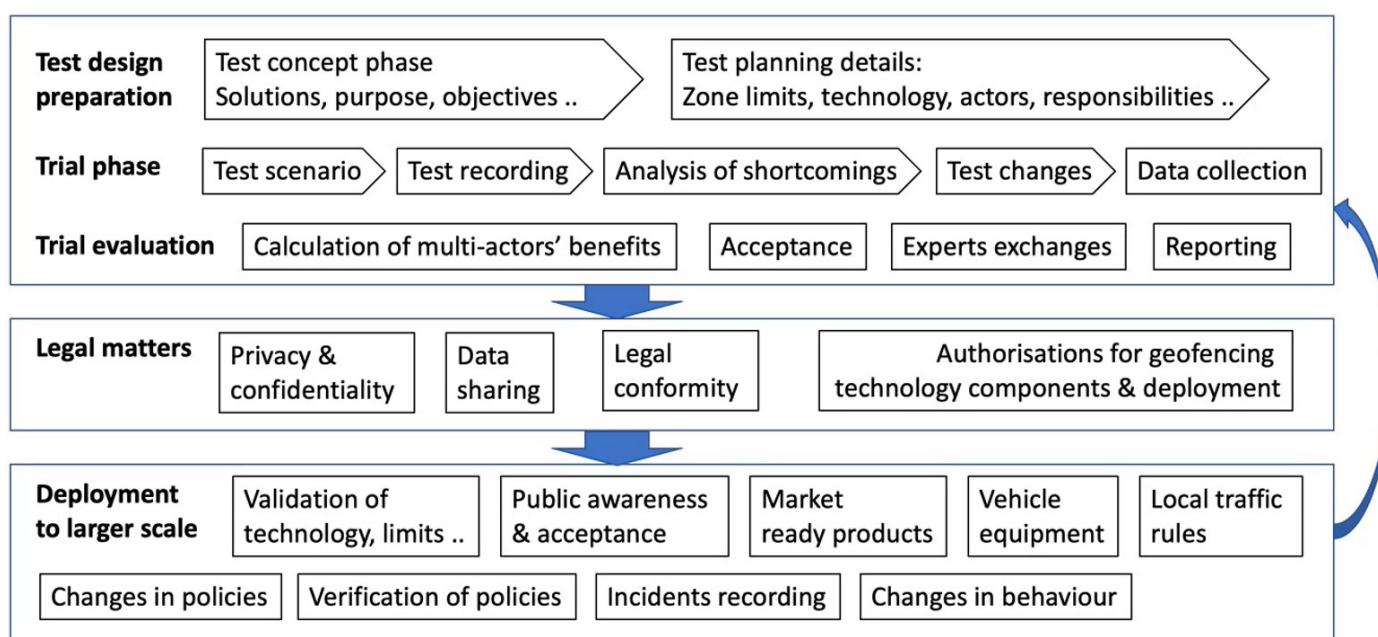
GeoSense är ett treårigt EU-projekt som startade 2021 som leds av CLOSER där bland annat Stockholm, Göteborg och Chalmers deltar.

Projektet har tagit fram ett iterativt arbetssätt där nya kunskaper både inifrån och utifrån kommer att påverka demonstrationsprojekten i städerna och guida framtagandet av material. Ambitionen är att ta fram nya tillvägagångssätt för att

introducera geofencing-teknik och att ta fram lösningar som är mogna för implementering. Som en del i detta kommer projektet att se på teknikens och lösningarnas affärsmodeller. (GeoSense, 2020)

Projektet siktar också på att ta fram data om kostnader, nyttor och effekter av olika tillämpningar. Målsättningen för projektets utvärdering är att (GeoSense, 2020), citat (egen översättning): ”ta fram bevis till beslutsfattare om nyttorna med olika typer av geofencing-lösningar”. I samtal med ansvarig för utvärderingsdelen (Leonardi J. , 2021) framkommer en inställning om att nyttorna med geofencing är så uppenbara att de inte behöver diskuteras. Trots denna inställning finns det i projektet en ambition om att jämföra effektiviteten med en geofencing-tillämpning med dagens situation.

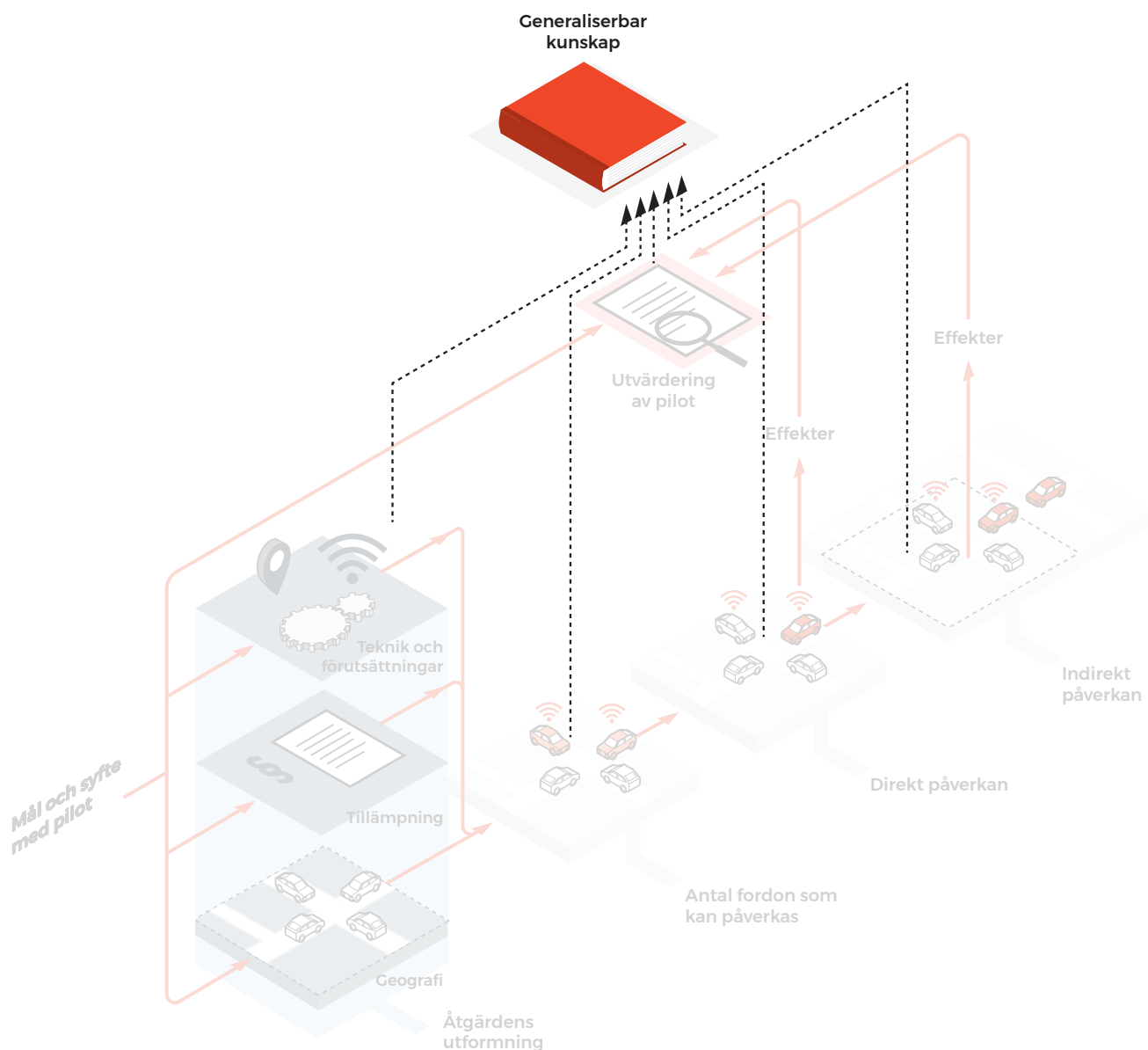
Figur 7. Bild över datahantering från GeoSense som visar ett iterativt tillvägagångssätt och vad som behövs för att testa lösningar på vägen mot implementering i större skala.



5.4 BYGGSTENAR FÖR ATT UPPSKATTA POTENTIALER

För att hjälpa oss att uppskatta potentialen av en tillämpning på en aggregerad nivå behöver vi kunskap som vi kan bygga uppskattningen på. Inom vetenskaplig metodik används begreppen *generaliserbarhet* och *överförbarhet* för att beskriva i vilken grad kunskap från en avgränsad studie kan sägas gälla för en större grupp deltagare, eller för att beskriva vilka resultat en åtgärd kan tänkas få på en annan plats med liknande förutsättningar.

Figur 8. Generaliserbar kunskap från geofencingens ramverk



I bilden visar vi att generaliserbar kunskap kan uppstå från alla delar av det ramverk vi presenterade i tidigare kapitel. I den här rapporten är vi mest intresserade av effekter och potentialer, men de streckade svarta pilarna visar att alla delar i ett pilotprojekt kan ge oss värdefull kunskap. Det kan förutom effekter till exempel handla om teknik, hur många fordon vi kan nå med tekniken, behov av dataöverföring, beteenden, och acceptans på olika nivåer.

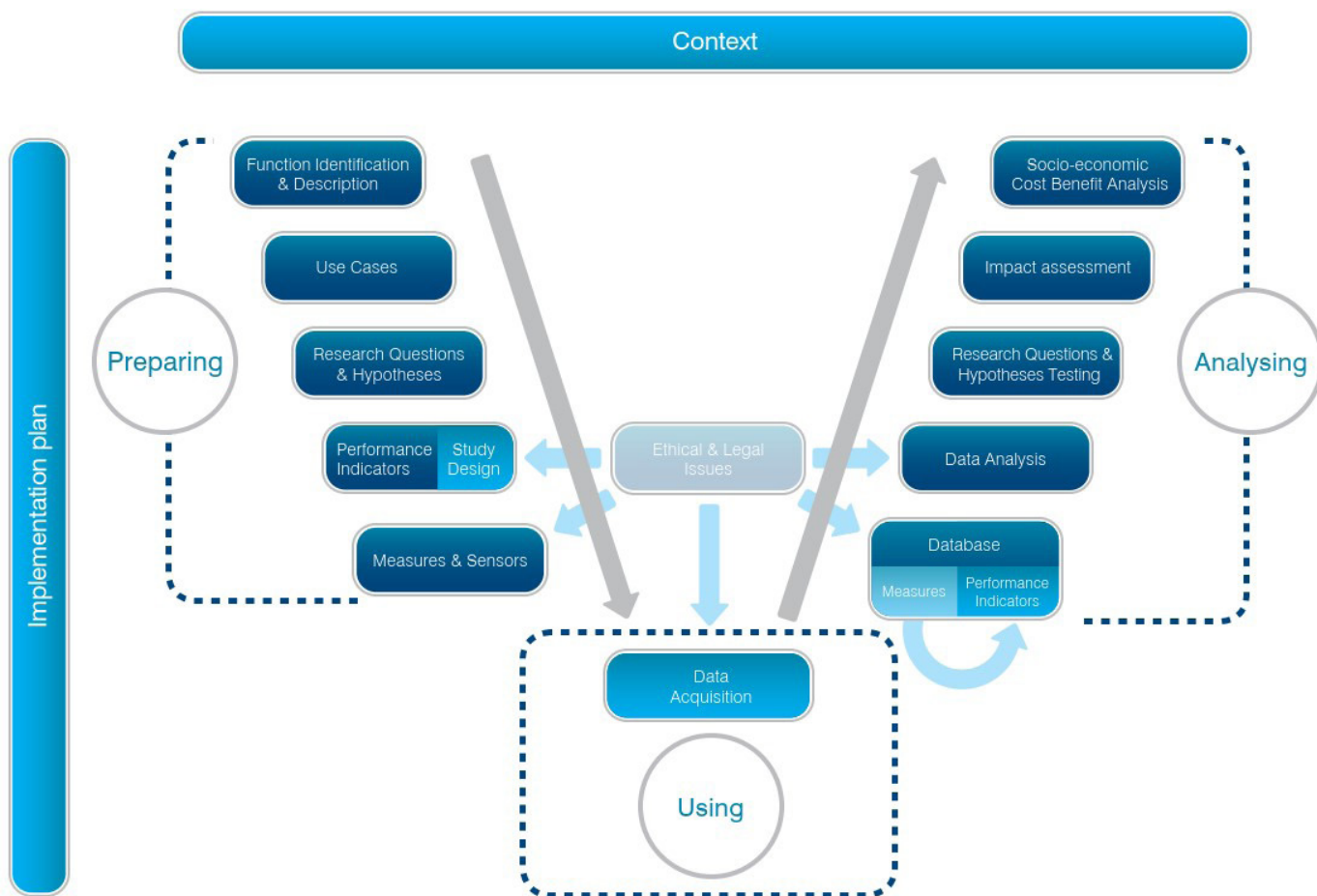
5.4.1 Utformning av ett pilotprojekt

För att utvärderingar av pilotprojekt ska kunna bidra med generaliserbar kunskap bör de utformas så att de möjliggör en systematisk analys. Helst ska de utformas på ett sådant sätt att det är möjligt att göra om dem med ungefär samma resultat. För att bedöma om en studie bidrar med generaliserbar kunskap måste den åtminstone redovisa

1. Problem, bakgrund, syfte, hypotes, frågeställningar
2. Utvärderingsmetod inklusive utvärderingskriterier
3. Metod för datainsamling, inklusive eventuella problem och begränsningar med denna
4. Analysdel
5. Relevanta slutsatser inklusive en diskussion om slutsatsernas giltighet kopplat till punkt 1–4.

Punkterna ovan kan sägas vara del av en grundläggande forskningsmetodik. För projekt inom transportområdet går det att hitta handledning och stöd för både planering, uppföljning och utvärdering i exempelvis MaxSumo (Trivector Traffic; ILS; Edinburgh Napier University, 2006), utvecklad för projekt inom Mobility Management, och FESTA (FOT-Net, 2013), utvecklad för fältstudier gällande ICT-tillämp-

Figur 9. Schematisk processbild från FESTA-metodiken som beskriver vilka steg och delar som måste genomföras för en fältstudie för ICT-tillämpningar inom fordons- och transportområdet.



ningar³ inom fordons- och transportområdet. En annan källa till handledning är uppföljningsmodellen för stadsmiljöavtal från K2 (Brundell Freij, 2019) som är en reviderad version av MaxSumo.

Kraven på vetenskaplig kvalitet för ett pilotprojekt gällande geofencing måste vara rimliga i förhållande till vad resultaten ska användas till. Det finns säkerligen användbara erfarenheter från pilotprojekt som har en mer tillämpad inriktning. Den typen av projekt hjälper oss däremot inte att beskriva nyttor och effektpotentialer. För att göra så måste det finnas en röd tråd mellan problemformulering, syfte och de frågeställningar som en studie ställer upp. Därtill måste antalet deltagare vara både tillräckligt stort och utvalt på ett sådant sätt att det går att dra generella slutsatser.

5.4.2 Problemformulering och indikatorer

När vi studerar effekter i ett pilotområde är det som vi såg i avsnitt 5.2.1 och 5.3.1 också viktigt att förstå hur det vi mäter relaterar till det problem vi vill försöka lösa. Förutom att en åtgärd skulle kunna visa sig ha liten eller ingen effekt på problemet kan orsaken till utebliven uppmätt effekt även bero på utformningen av piloten eller utvärderingen av den. En anledning kan vara att problemet inte är speciellt stort eller att vi formulerat fel problem. En annan anledning kan vara att vi helt enkelt studerar fel mått eller mäter på fel plats. Vi måste tidigt skapa oss en bild av hur det vi vill lösa fungerar och hur det kan mätas.

I projektet *Sustainable Urban Mobility Indicators* (SUMI, 2020) har EU tagit fram indikatorer som stöd för datainsamling, probleminentifiering och målformulering för mobilitetsprojekt i urbana områden. I Trafikverkets målbild för 2030 (Trafikverket, 2019) är, som nämndes ovan, fem av de 14 målen mätbara med utpekade indikatorer. Att tidigt i ett pilotprojekt ta fram mätbara indikatorer ger också möjlighet att skapa en gemensam syn kring viktiga definitioner och mått.

3 ICT står för Information and communication technologies.

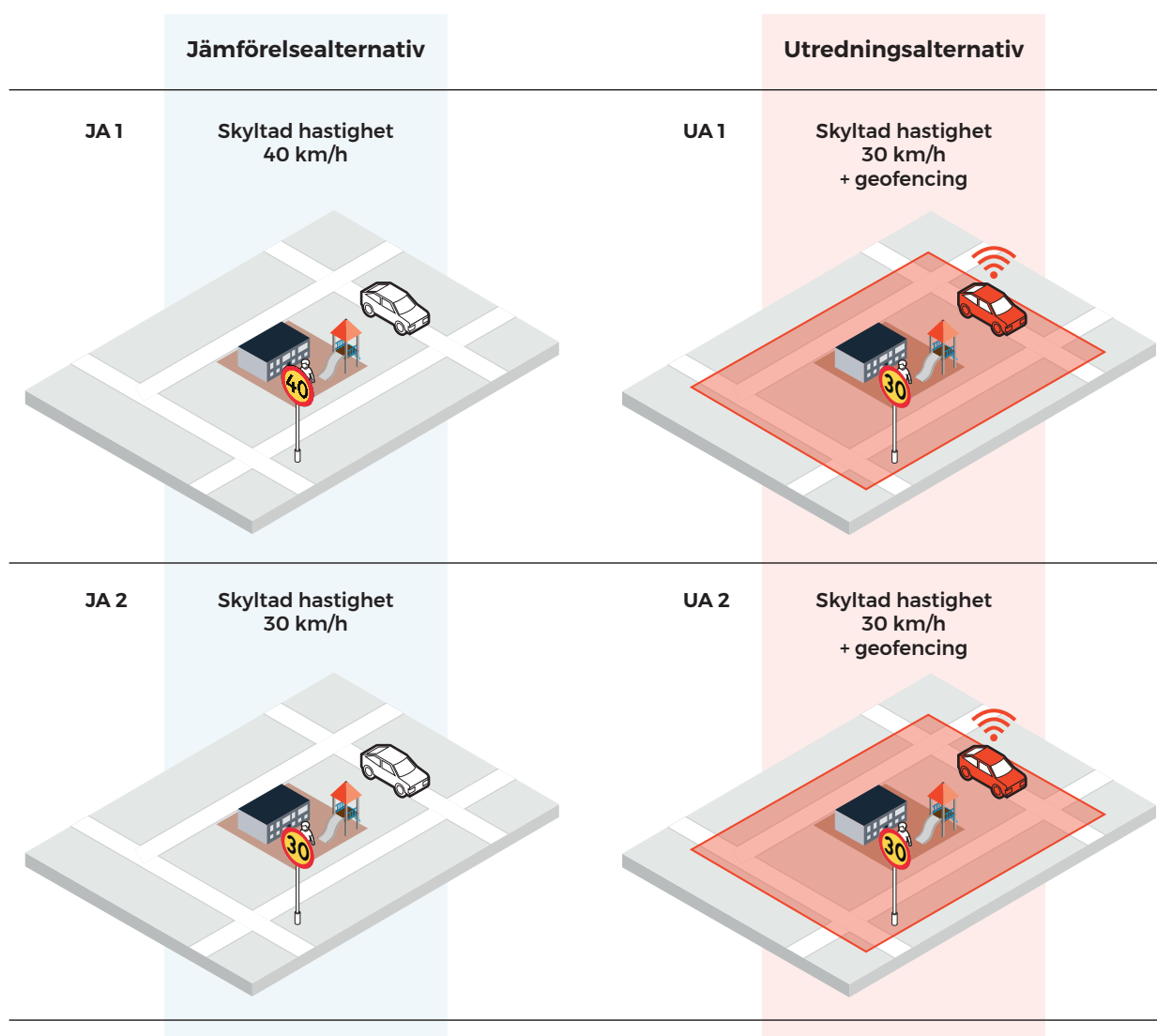
5.4.3 Användning av jämförelsealternativ i effektutvärdering

En utvärdering av ett pilotprojekt måste vara transparent och kunna visa på vilka effekter som ska tillskrivas en tillämpning. Som första steg förordar vi en modell där ett eller flera utredningsalternativ ställs mot ett jämförelsealternativ, se exempelvis Trafikverkets planeringsmetodik. Genom att jämföra alternativen med varandra går det att isolera tillämpningens effekter från andra faktorer. Vid valet av jämförelsealternativ är det viktigt att motivera och resonera om vad det innehåller.

I bilden visar vi ett exempel med en tillämpning på hastighet i en skolzon med två olika jämförelsealternativ. Tillämpningen behöver för vårt exempel skull inte vara specificerad men skulle likna Sintefs skolzoner i pilotprojektet som nämndes ovan. I det första fallet innehåller utredningsalternativet en hastighetsänkning från 40 km/h till 30 km/h. I det andra fallet är hastighetsgränsen oförändrad mellan alternativen.

I det första fallet skulle det kunna vara att det är geofencing-tillämpningen som möjliggör den sänkta hastigheten. Om det är så kan vi räkna hem hela den effekt som uppstår till tillämpningen. Om den regeln lika gärna hade kunnat komma till stånd

Figur 10. Exempel med en tillämpning på hastighet i en skolzon med två olika jämförelsealternativ.

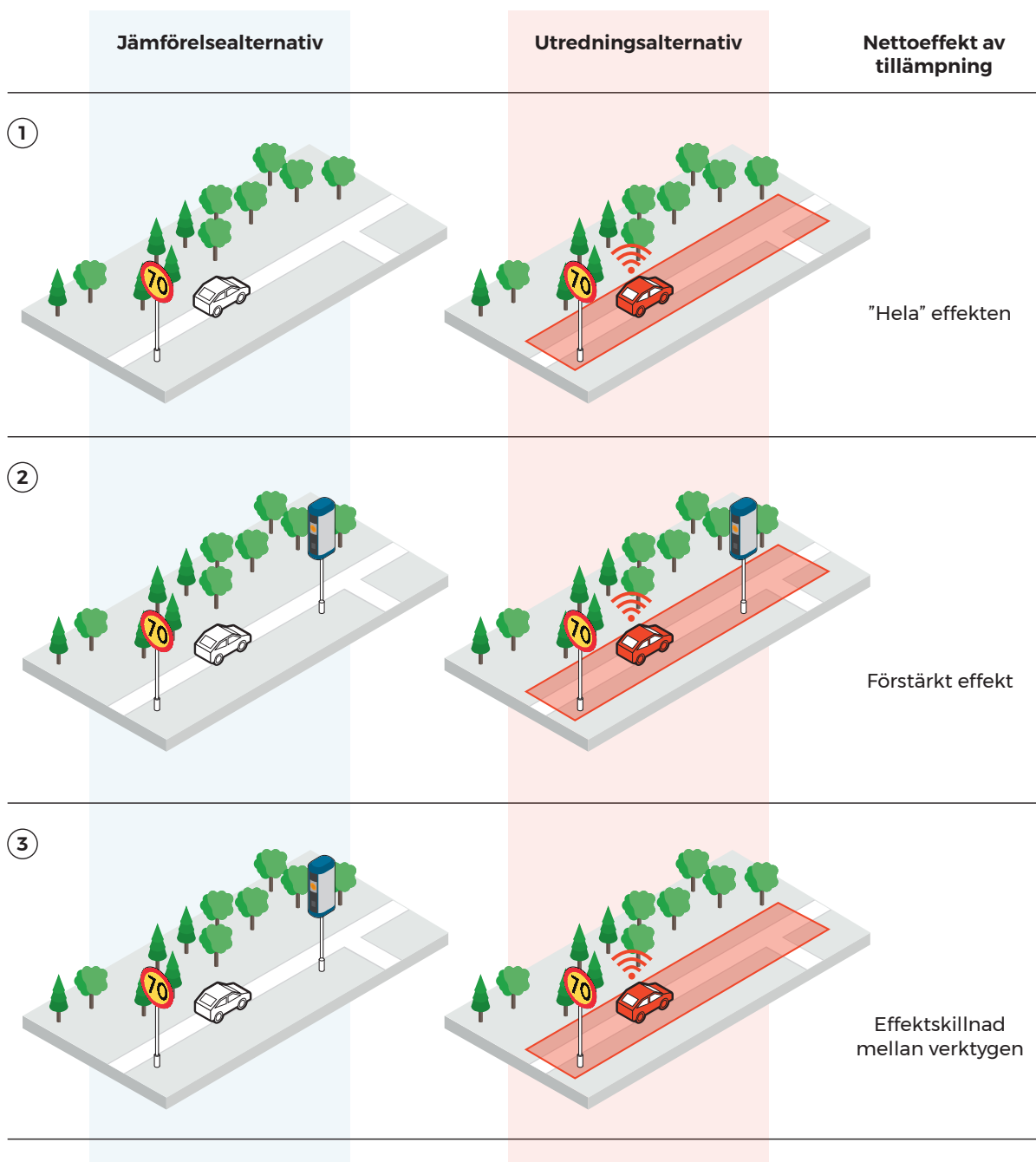


utan vår tillämpning blir det svårt för oss att motivera detta. I så fall borde jämförelsealternativet se ut som i det andra fallet i bilden där geofencingen stärker efterlevnaden av den befintliga regeln.

Förutom att resonera om hur en tillämpning påverkar regelsättandet och innehållet i jämförelsealternativet kan vi välja hur vi vill utvärdera den i förhållande till andra verktyg. I bilden visas en geofencing-tillämpning längs en sträcka som vi jämför antingen

1. Mot ett alternativ utan andra verktyg
2. I kombination med annat verktyg, eller
3. Mot ett alternativ med annat verktyg.

Figur 11. Exempel på de tre olika sätten att utvärdera en tillämpning.



Utan en möjlighet att till hundra procent påverka alla fordon kommer sannolikt geofencing oftast att användas i kombination med andra verktyg och därmed förstärka effekten av dem. Det är viktigt att också här påpeka att det inte behöver vara väghållaren som ansvarar för att införa en åtgärd, se exempelvis avancerade förarstödsystem.

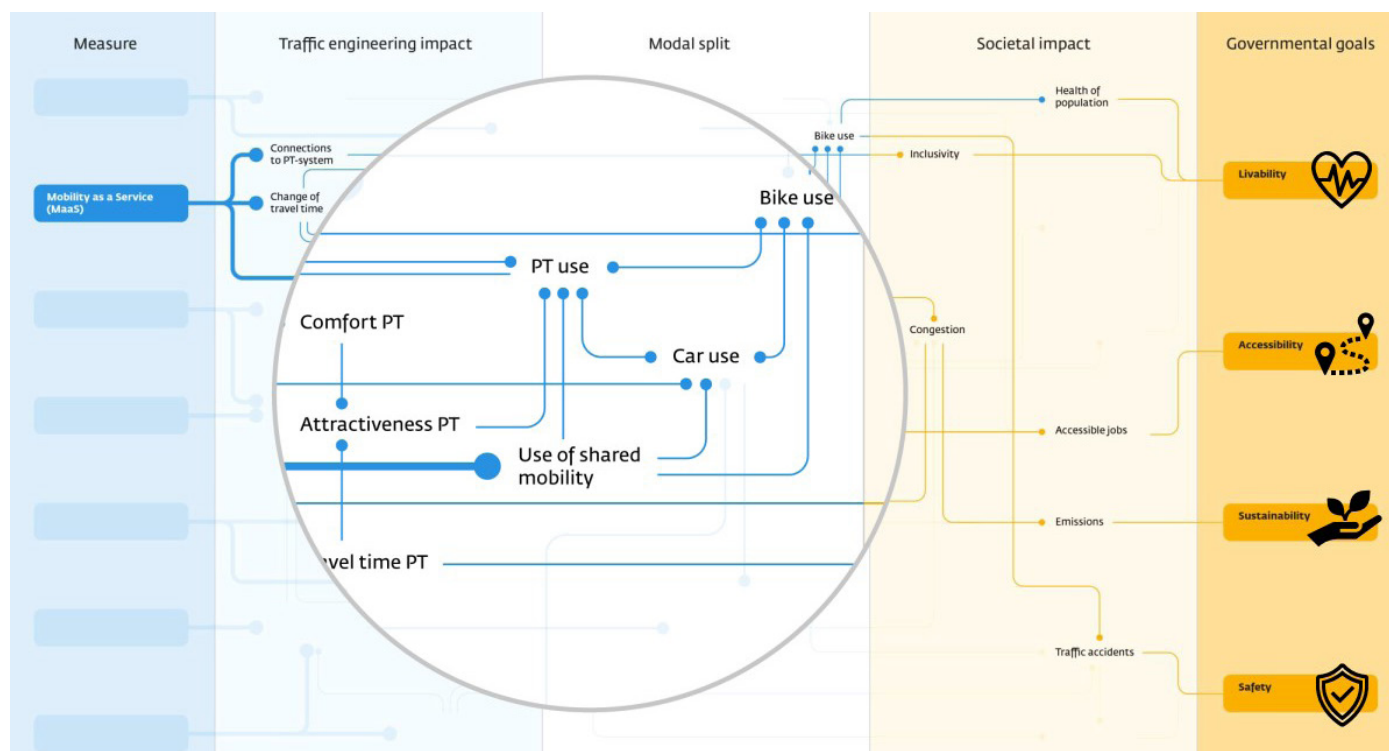
5.4.4 Effektsamband

Som stöd vid planering, projektering och uppföljning av åtgärder inom transportsystemet använder Trafikverket praktiska erfarenheter och kunskaper från forskning i form av antagna effektsamband (Trafikverket, 2015). Effektsambanden tydliggör kopplingen mellan en åtgärd och dess olika effekter, földeffekter och den samhällsekonomiska nyttan. Att använda etablerade samband mellan en typ av åtgärd och en effekt är framför allt ett sätt att förenkla tänkandet kring vad en åtgärd kan tänkas ha för konsekvenser och vilka målområden dessa berör.

I ett pilotprojekt kan effektsamband hjälpa oss att planera genomförandet och att få fram effektpotentialen med en tillämpning. Om vi kombinerar vad vi vet genom etablerade samband och strukturen i det ramverk vi föreslog i kapitel 4. kan vi båda få en överblick över kunskapsluckor och styra datainsamlingen så att vi mäter rätt indikatorer. Exempelvis kan Trafikverkets effektkataloger guida ett projekt till att samla in data i ett sådant format som går att stoppa in i befintliga effektmodeller och beräkningsverktyg.

Ett sätt att använda effektsamband på är att skissa upp sambanden mellan åtgärd, konsekvenser, effekter i olika dimensioner och hur de kopplar till samhällsnyttor och mål. Metoden kan öka förståelsen för utvärderingen av en åtgärd bland projektets deltagare och därmed bidra till att förbättra projektets resultat (Amelsfort, 2021). Tankesättet liknar Trafikverkets *effektsambandskedjor* i dokumentet Enklare effektsamband (Trafikverket, 2021c).

Figur 12. Samband mellan åtgärd, konsekvenser och effekter och kopplingen till samhällsnyttor och mål, (Goudappel, 2021)



5.4.5 Praktisk kunskap

Alla pilotprojekt bidrar inte till kunskap som hjälper oss att ta fram effektsamband eller att svara på hur vi kan skatta nyttor och teoretiska effektpotentialer. Här kan det i stället finnas annan värdefull och generaliserbar kunskap som hjälper oss att bedöma exempelvis genomförbarhet och genomslagstakt. Den kan då handla om kunskap om exempelvis hinder, acceptansfrågor, behov, förändringsprocesser, resurser, och nätverkseffekter (Deakin & Yip, 2018).

Projekt som saknar eller har en bristande systematik kan också bidra med värdefull kunskap, oftast på ett mer lokalt plan. En nytta av den typen av projekt är troligtvis att det skapar en möjlighet för lärande inom organisationer, över organisationsgränser, bidrar till att positionera tillämpningen och tekniken, och skapar ett engagemang hos viktiga intressenter.

5.5 OM BEHOV AV EFFEKTER SOM BESLUTSUNDERLAG I ÅTGÄRDSVAL

Den här rapportens ursprungliga målsättning om att skatta effektpotentialer för storskalig implementering av olika geofencing-tillämpningar har visat sig vara svår att infria med tanke på avsaknaden av data. Här kan det vara på sin plats att fundera kring hur behovet av effekter och möjligheten att skatta potentialer hanteras i pilotprojekt.

Kunskapen från de genomförda och pågående pilotprojekt vi studerat ger vid handen att frågan om effekter inte har haft eller har högsta prioritet. Ofta är pilotprojekt av den här typen mer fokuserade på att validera koncept och testa tekniska lösningar (Amelsfort, 2021).

Den bilden bekräftas delvis i intervju med Stockholms Stads ansvarige för geofencing (Billsjö, 2021). Bakgrunden till stadens pilotprojekt inom geofencing är en kombination av politisk prioritering och tillfälligheter. Det politiska intresset uppstod efter terrordådet på Drottninggatan 2017 och efterföljande "Handslag om digitalisering och geofencing" (Regeringskansliet, 2017). Att det blev just geofencing-lösningar i de pilotprojekt som genomförts beror på att en partner i redan existerande nätverks-samarbeten tog fram en tjänst och teknologi som var intressant att testa.

Det framstår samtidigt som att det finns en grundläggande övertygelse i Stockholm om möjligheterna med geofencing som gör det mindre intressant att se på vad effekterna av en storskalig implementering skulle vara. I stället verkar det vara viktigare att testa lösningar och att på den vägen skaffa sig lärdomar om behov och hinder. Se avsnittet om *praktisk kunskap* i avsnittet 5.4.5 ovan.

En liknande typ av förhoppning om möjligheterna med geofencing går även att hitta i både i propositionen *En samlad politik för klimatet - klimatpolitisk handlingsplan* (Regeringen, 2019) och i promemorian *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket* (Regeringskansliet, 2021). Förhoppningen om vad geofencing kan (i betydelse skulle kunna) bidra med är både en del av utredningsdirektivet för promemorian och en del av argumentationen för ett av promemorians förslag.

Att det finns en stark och spridd tro på vad geofencing skulle kunna bidra med skulle kunna vara en förklaring till varför framtagandet av effekter inte har haft högre prioritet. I genomgången av pilotprojekt och i intervjuer saknas det jämförandeperspektiv som är centralt i Trafikverkets metodik för åtgärdsval. Om Trafikverket ska kunna använda geofencing som ett verktyg i sin planering måste det gå att jämföra det mot andra verktyg. Det måste helt enkelt angripas på samma sätt.

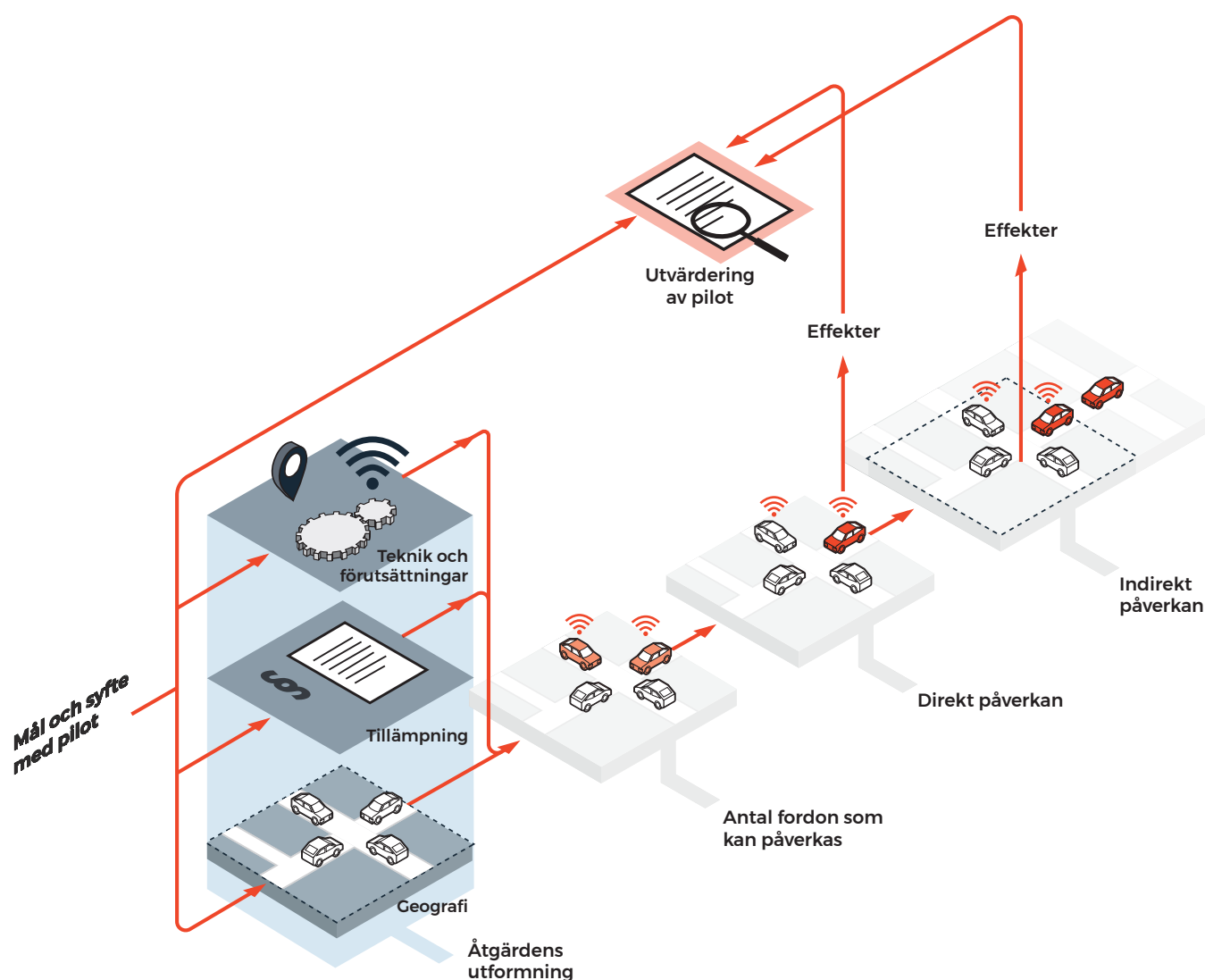
6. EFFEKTENTIALER OCH GENOMSLAGSTAKT

I följande kapitel beskriver vi faktorer som påverkar effektpotentialer och genomslagstakten för geofencing-tillämpningar med koppling till vårt ramverk från kapitel 4.

Att ta fram exakta framtidsbilder och tidplaner är svårt då det handlar om komplexa system där olika faktorer samverkar. I *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033* (Trafikverket, 2021d) beskrivs problematiken på ett bra sätt:

Åtgärder som nyttjar digitalisering inom transportsystemet kommer steg för steg att utvecklas, demonstreras och implementeras under planperioden. Genomslagstakten beror på flera faktorer som är svåra att uppskatta en tydlig tidplan för. Det handlar bland annat om teknikutveckling, tillgång till data, efterfrågan hos transportköpare, behov av förändrade regelverk

Figur 13. Geofencingens ramverk



och utveckling av Trafikverkets interna arbetssätt för upphandling och genomförande av åtgärder. Därför krävs ett flexibelt förhållningssätt och utrymme i planeringsprocessen för att kunna driva förutsättningsskapande initiativ som leder till att Trafikverket stegvis kan implementera den här typen av nya åtgärder och beslutsstöd.

För att förstå mer om genomslagstakt går det att utgå både från den enskilda tillämpningen och från omvärldsfaktorer.

I det första delkapitlet ser vi på hur utvecklingen och spridningen av geofencing-teknik kan komma att se ut. Hur många fordon som har tekniken som behövs för en tillämpning ger hur många fordon som vi kan påverka och vilken påverkan vi får.

I nästa del går vi över till att se på hur fordonsflottan i Sverige utvecklas med tanke på sammansättning och trafikarbete. Fordonsflottans utveckling är viktig då den påverkar både problembilder, och därmed vilken typ av tillämpningar som blir intressanta, och möjliga effektpotentialer. Hur fort fordonsflottan omsätts kan också vara en pusselbit för att förstå hur snabbt ny teknik kan spridas. Gällande både fordonsflottans sammansättning och trafikarbete finns det betydande skillnader mellan olika delar av landet. Var vi är i geografien kommer alltså att ha betydelse för övriga delar i ramverket.

I avsnitt 6.3 beskriver vi hur problembilden kan påverka effektpotentialer av tillämpningar inom olika områden. I avsnitt 6.4 ger vi en översiktlig bild av hinder på vägen från pilotprojekt till en storskalig implementering.

Beskrivningen görs på en övergripande nivå då olika åtgärder har olika beståndsdelar som kommer att ha varierande mognad.

6.1 TEKNIKUTVECKLING OCH -SPRIDNING

6.1.1 Report on market analysis, CLOSER, 2021

CLOSER har under år 2021 tagit fram en marknadsanalys av geofencing-baserade tjänster idag och möjlig utveckling inom de närmaste fem till tio åren (CLOSER, 2021). Analysen anger att det för kommersiella aktörer finns tjänster, både framtagna av fordonstillverkarna och av tredje part, som fokuserar på hantering av fordonsflottor och underhåll. För privata fordon är de vanligaste tjänsterna möjligheten att styra drivlinan i hybridfordon. Framtidsspaningen är i analysen osäker då de svarande inte gärna avslöjar affärshemligheter. En annan osäkerhet gäller hur efterfrågan kommer att utveckla sig och kopplingen till hur lagstiftningen på både nationell och internationell nivå kan skapa krav eller incitament.

Enligt analysen anger fordonstillverkare och tjänsteleverantörer att de är redo att ta fram fler tjänster bara efterfrågan finns. Tekniken anges inte vara ett problem för att ta fram nya tillämpningar. I dagsläget går dock huvuddelen fordonstillverkarnas utvecklingsresurser till elektrifiering och till autonoma fordon. I analysen framför några av de svarande att de ser på geofencing-teknik som en förutsättning och möjliggörare för båda dessa utvecklingsområden.

6.1.2 Market consultation, ReVeAL, 2020

Inom EU-projektet ReVeAL, som handlar om att ta fram och testa åtgärder för att reglera fordon i urbana miljöer, genomfördes år 2020 en marknadskonsultation om ny teknik, nya tjänster och åtgärder (ReVeAL, 2020). I undersökningen bjöds teknik- och tjänsteleverantörer in till att svara på mognadsgraden på deras produkter och

tjänster och behov av stöd eller utveckling inom ett antal utpekade områden. Ett av dessa områden var geofencing som verktyg för att införa miljözoner. En av slutsatserna från undersökningen är att mognadsgraden enligt TRL⁴-skalan på teknik och lösningar är hög och nära att kunna lanseras på marknaden. Även om undersökningen begränsade sig till en tillämpning för miljözoner är både svaren för det området och andra utpekade områden relevanta här då både lösningar, teknik och tjänster kan vara användbara även för andra geofencing-tillämpningar.

Undersökningen stöder även slutsatsen i CLOSER:s analys ovan gällande att tekniken inte är ett problem bara efterfrågan finns. De svarande pekar även här på lagstiftning som möjligt incitament för att skapa efterfrågan.

6.1.3 Intelligent Speed Assistance (ISA) 2022

Europaparlamentet beslutade år 2019 att ISA ska finnas i alla nykonstruerade personbilar, lastbilar och bussar som säljs från maj 2022 samt i existerande modellserier från maj 2024 (EU, 2021).

Syftet med ISA-systemet är att hjälpa föraren att hålla en hastighet som är lämplig för vägmiljön genom att tillhandahålla särskild och lämplig återkoppling. Enligt EU kan ISA-systemet minska antalet dödsolyckor med upp till 20 procent.⁵

Ett ISA-system kan enligt EU:s förordning använda olika indatametoder som exempelvis kameraobservation, kartdata och maskininlärning. Dock ska den faktiska förekomsten av verkliga vägmärken med angivna hastighetsbegränsningar alltid ha företräde framför all annan information. Funktionen i fordonet kan utgöras av varning eller hastighetsreglering. (EU, 2021)

Initialt tillåts flera tekniska alternativ för återkopplingsmetoder och regleringsfunktioner för att kunna skapa ett underlag för bedömning av de olika alternativens potentiella trafiksäkerhetseffekter. Bedömningen av de olika ISA-systemens prestanda ska vara klar senast december 2025. (EU, 2021)

Att ISA blir standard kan antas bana väg för framtida geofencing-tillämpningar genom att standarden ställer krav på både

- teknik i fordonen
- bakomliggande system, processer och rutiner
- acceptans och kunskap hos förare.

Hur införandet av förordningen går till och hur både fordonstillverkare och marknaden svarar på den ger värdefulla erfarenheter för eventuell framtida lagstiftning gällande geofencing. Beroende på vilka tekniska alternativ som får genomslag skulle vi kunna använda samma lösningar för geofencing-tillämpningar. Ett ISA-system som använder digitala indata i form av kartor och regler skulle också kunna kallas för en geofencing-tillämpning (se Trafikverkets definition av geofencing i avsnitt 3.1).

4 TRL är en förkortning för Technology Readiness Level.

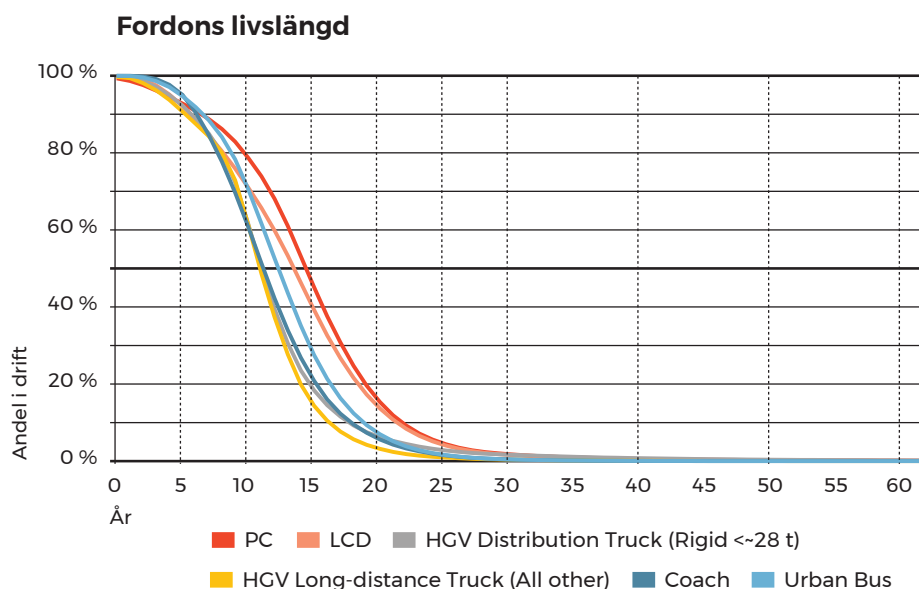
5 <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190410IPR37528/parliament-approves-eu-rules-requiring-life-saving-technologies-in-vehicles>, hämtad 2021-12-15

6.2 FORDONSFLOTTANS UTVECKLING

Den svenska fordonsflottan är i ständig förändring på grund av bland annat tillkommande nya fordon, utskrotning och export. Hur fordonsflottans sammansättning och hur trafikarbetet kommer att utveckla sig med tanke på fordonstyper och drivmedel påverkar på flera sätt vårt ramverk i kapitel både problembild, möjliga effektpotentialer och möjlig spridningstakt för integrerad teknik i fordon.

6.2.1 Prognos för fordonsflottans sammansättning - fordonstyper och drivmedel

För att uppskatta hur fordonsflottan kan se ut i framtiden har IVL på uppdrag av Trafikverket tagit fram ett omsättningsverktyg med prognoser för olika fordonstyper. Trafikverket har sedan själva modifierat verktyget för att utvecklingen ska återspegla innehållet i basprognosen 2020. Verktyget innehåller uppskattningar av livslängden och av antalet tillkommande fordon fördelat på olika fordonstyper och drivmedel fram till prognosår 2050.



Figur 14. Fordonens livslängd med siffror från Trafikverkets omsättningsverktyg kopplat till basprognosen 2020.

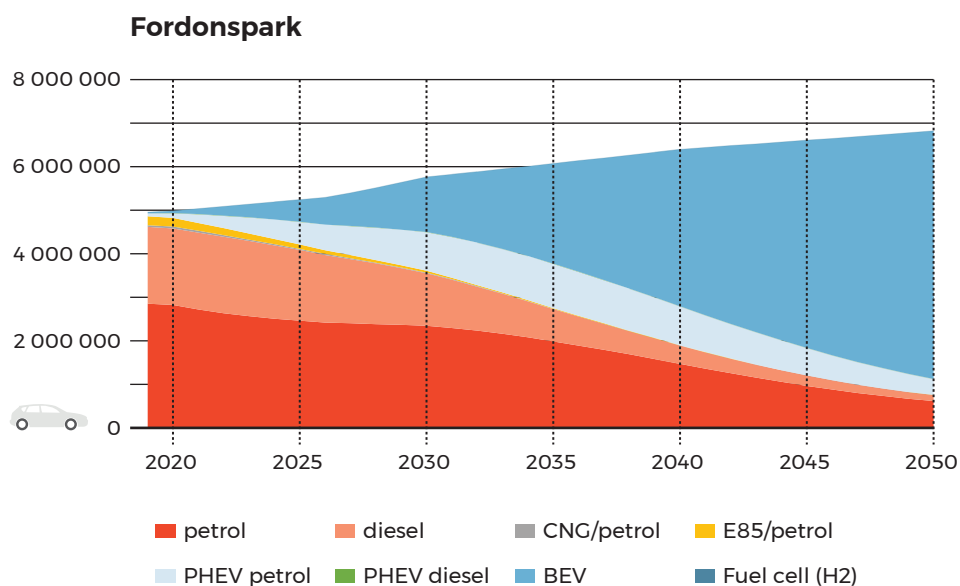
Bilden med fordonens livslängd för prognosperioden visar medelvärden för respektive fordonstyp. Enligt prognosen beräknas hälften av fordonen fasa ut efter cirka 12–15 år och 75 procent efter cirka 13–18 år. Livslängden varierar mellan fordonstyperna där exempelvis bussar och tunga fordon karaktäriseras av kortare livslängder. I prognosen antas också att elfordon kommer att ha något år längre livslängd i jämförelse med fordon med förbränningsmotorer.

Det är också värt att notera att det gällande fordonens ålder finns stora geografiska skillnader i landet. Medelåldern för fordon i storstadsområden kan vara runt fem-sex år medan den i glesbefolkade områden i kan vara uppemot 15 år. (Trafika, 2018)

I diagrammet nedan redovisar vi prognosen för personbilar uppdelat på drivmedel.

Prognosen visar dels på en ökning av antalet personbilar och en hög elektrifiering av flottan. För andra fordonstyper, exempelvis stadsbussar, är elektrifierings-taken ännu högre.

Enligt omsättningsverktyget och prognosen för personbilar förväntas antalet laddhybrider att på kort sikt (fem till tio år) att öka i liknande takt som elfordon. På lite längre sikt antas dock nybilsförsäljningen att domineras av rena elfordon.



Figur 15. Utvecklingen av fordonsparken gällande personbilar, från omsättningsverktyget

6.2.2 Trafikarbete

Fordonsflottans sammansättning är bara en parameter för att beskriva möjligheterna för och behovet av olika tillämpningar. En av de viktigaste parametrarna är hur trafikarbetet kommer att se ut för respektive fordonstyper och drivmedelsslag.

De genomsnittliga körsträckorna kommer att variera beroende på drivmedel, fordonstyp och fordonets ålder. Längst årlig körsträcka bland personbilar har idag fordon som är ett par år gamla. Efterhand minskar körsträckorna med åldern och personbilar som är 15 år gamla körs bara hälften så långt som de fordon som körs längst. (Trafa, 2018)

Enligt aktuell statistik (SCB, 2021) har personbilar och lätta lastbilar i genomsnitt körsträckor per år om cirka 1200–1300 mil. Tunga lastbilar körs i genomsnitt tre gånger så långt medan bussar körs upp emot 5500 mil per år. De längre körsträckorna är förmodligen en förklaring till att dessa fordonstyper också har en kortare livslängd.

6.3 PROBLEMBILDENS PÅVERKAN PÅ EFFEKTPOTENTIALER

Problembilden är aldrig statisk utan förändras ständigt. När vi här tittar på möjlig genomslagstakt för geofencing är det relevantt att översiktligt se på hur utvecklingen inom olika tillämpningsområden kan påverka behov av geofencing-tillämpningar. Ett problem som blir större kan innebära ett ökat behov av en viss tillämpning. Med en större problembild blir sannolikt också effektpotentialen större och möjligen även genomslagstakten snabbare.

6.3.1 Hastighet

Gällande hastighet är efterlevnaden fortfarande långt ifrån etappmålen i Nollvisionen. Särskilt dålig är hastighetsefterlevnaden i yrkestrafiken. Att fordonen blir säkrare och har fler stödsystem kommer att ge trafiksäkerhetseffekter. Hastighetsefterlevnaden är dock fortfarande avgörande för att minska antalet olyckor. Även vissa stödsystem så som automatisk nödbroms är beroende av bättre hastighetsefterlevnad för att uppnå full effekt. (Trafikverket, 2021b)

6.3.2 Drivmedel

Gällande drivmedel är styrning av hybridfordon till eldrift en tillämpning som visat sig vara möjlig att genomföra, dock med relativt blygsamma resultat, se pilotprojektet om miljözoner i Oslo och Trondheim inom GeoSUM (Dahl, Arnesen, & Seter, 2020) (Seter, Hansen, & Arnesen, 2021).

Hur fordonsflottans omsätts påverkas främst av fordonens livslängd och inköpspris för nya fordon. Någon gång år 2025–2028 spås fordon med ren eldrift nå så kallad prisparitet med fordon med förbränningsmotorer, det vill säga att inköpspriserna kommer att ligga på samma nivå (notera att livscykelkostnaderna för ett elfordon redan idag i vissa fall kan vara konkurrenskraftig). Det avgörande för tidpunkten är efterfrågan på räckvidd vilket påverkar batteristorleken och batterikostnaden. För tyngre fordon med eldrift förväntas prisparitet ske tidigare. (BloombergNEF, 2021)

I prognosen för hur fordonsflottan kommer att utvecklas kommer antalet tillkommande hybridfordon att öka inom de närmaste fem till femton åren för att därefter minska. På längre sikt förväntas alltså elfordon att helt dominera mätt i antal tillkommande fordon och i trafikarbete.

För tunga fordon som har kortare livslängd kommer denna fordonspark fortare bytas ut. Övergången till ren eldrift kan därför förväntas ske tidigare inom detta segment. En osäkerhet är här i vilken grad tunga fordon på kort sikt kommer att bytas ut till hybrider eller till ren eldrift.

Med tanke på att det kan ta ett par år för att införa en tillämpning i större skala är det rimligt att ifrågasätta effektpotentialen gällande emissioner för tillämpningar som styr hybridfordon till eldrift inom en zon. Med tanke på att nya fordon med förbränningsmotorer har minskade emissionsfaktorer blir sannolikt effektpotentialen för luftkvalitet på sikt oavsett liten. Det kan så klart finnas vissa miljöer där en sådan tillämpning kan ge en effekt. Det kräver dock en tydlig problembild, se avsnitt 5.4.2.

Ett möjligt resonemang är att en tillämpning som styr hybridfordon till eldrift kan vara en delåtgärd för att skapa acceptans för att införa miljözoner med krav på eldrift för tillträde till ett område. Den här typen av tillämpning skulle också kunna fungera som både ett incitament för att byta ut fordon till eldrift och som ett sätt att testa både lösningar och lagstiftning.

6.3.3 Tillträde och uppställning

I avsnittet ovan resonerade vi om effektpotentialer för luftkvalitet för tillämpningar som styr tillträde med avseende på drivmedel. En annan aspekt av den typen av styrning är elfordonens minskade bullernivåer. Som vi beskrev under avsnitt 3.3. har Stockholms stad med goda resultat provat att ge dispens för att leverera på natten om fordonen kan garantera eldrift.

Att styra tillträde till olika vägar och körfält, och/eller vid olika tidpunkter är en tillämpningstyp som sannolikt kommer att bli mer och mer intressant i takt med att antalet fordon och trafikarbetet spås fortsätta öka.

Samma resonemang är även giltigt för uppställning. Med en ökad konkurrens om plats kan geofencing vara ett verktyg för att effektivare styra användningen i tid och rum. Möjligheterna till detta är något som tagits upp i arbetet med att skapa säkra uppställningsplatser för yrkestrafiken (Trafa, 2016).

6.4 FLER HINDER PÅ VÄGEN FRÅN PILOTPROJEKT TILL STORSKALIG IMPLEMENTERING

Det finns flertalet hinder på vägen från pilotprojekt till en storskalig implementering. Vilka hindren är och hur svåra de är att komma förbi varierar för de olika tillämpningarna. En snabb fingervisning går att få genom att placera in en tillämpning i matrisen i *Figur 2 Två perspektiv för att etablera och styra ett geostaket*. En tillämpning som är baserad på en överenskommelse mellan två eller flera parter och där geostaketet är statiskt är sannolikt enklare att genomföra. Det motsatta kan sägas gälla för tillämpningar som kräver ny lagstiftning och som är dynamiskt eller ska förändras i real-tid.

I den här utredningen ger vi en översiktlig bild av de hinder som andra pekar på är det största eller vanligast förekommande.

I Idéskriften (Trafikverket, 2021a) har Trafikverket beskrivit fem punkter som kräver fortsatt arbete för att stödja utvecklingen av geofencing-tillämpningar. Tre av punkterna kan sägas svara mot identifierade hinder,

- Processer för datalagring och datautbyte
- Systemsäkerhet och robusthet
- Systematisering och standardisering av teknik och digitala system.

Förutom ovanstående punkter ser vi att de hinder som nämns oftast i den litteratur vi studerat och som återkommit i våra intervjuer är (1) behovet av lagstiftning som både möjliggör fler tillämpningar och en bredare implementering av dem, och (2) frågor kopplade till acceptans både hos beslutsfattare och slutanvändare.

Behov av lagstiftning påverkar genomslagstakt

Gällande lagstiftning innehåller promemorian *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja ökad användning av geostaket* (Regeringskansliet, 2021) en genomgång av behov av lagstiftning på både nationell och internationell nivå (se kapitel 11 i promemorian).

Även om lagstiftningen finns på plats måste det finnas en acceptans för en tillämpning hos beslutsfattare och/eller slutanvändare för att den ska bli av och nå full effekt.

Generellt gäller sannolikt att det kommer ta längre tid att implementera tillämpningar som är tvingande och som kräver lagstiftning både på nationell och internationell nivå. Tillämpningar som är baserade på överenskommelse mellan två privata aktörer och som inte kräver stöd i lagstiftningen kommer däremot kunna implementeras snabbare.

6.5 MÖJLIGA ÅTGÄRDER OCH INCITAMENT

Som vi visat i tidigare avsnitt i det här kapitlet är det en mängd faktorer som kommer att påverka genomslagstakten både på en generell nivå och specifikt för enskilda tillämpningar.

Lagstiftning är på många sätt avgörande både för att ta bort hinder och för att skapa incitament för förändring. Det kan exempelvis gälla krav på luftkvalitet i städer, standardutrustning i fordon (som exempelvis ISA-system), utfasning av fordon med förbränningsmotorer. Det kan också handla om bonus malus-system för köp och ägande av fordon.

Förutom lagstiftning kan även andra överenskommelser och beslut skapa incitament. Ett exempel som vi beskrev under avsnitt 4.2.3 handlar om hur betygs-kriterierna i Euro NCAP ser ut och uppdateras. Andra exempel är *Aktionsplanen för säker vägtrafik* och *Upprop Tillsammans för Hållbara hastigheter*. För privata aktörer ger kopplingen mellan lägre hastigheter och lägre bränsleförbrukning en möjlighet att sänka sina kostnader. Sambandet har också stor betydelse på en aggregerad nivå för att nå lägre utsläpp.

För att få snabbare genomslagstakt och möjligen även större effektpotential av framtida tillämpningar är det intressant att följa initiativ likt uppropet om hållbara hastigheter där både offentliga och privata aktörer tar ett större ansvar än vad lagen kräver av dem. Liknande initiativ gör också transportutförare redo för eventuella framtida upphandlingskrav där geofencing skulle kunna användas för att följa upp efterlevnad.

Här finns möjligen ett utrymme för Trafikverket att ta rollen som facilitator och stöd för att andra aktörer ska kunna starta och komma vidare med intressanta tillämpningar. En sådan roll skulle kräva ett annat arbetssätt jämfört med hur Trafikverket traditionellt arbetar.

7. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Vi har i den här rapporten beskrivit vad som krävs för att kunna uppskatta effekter och potentialer för geofencing-tillämpningar. Utifrån en genomgång av det befintliga kunskapsläget har vi kommit fram till ett par slutsatser och rekommendationer som vi hoppas kan göra att framtida pilotprojekt ännu mer kan bidra till att etablera geofencing som åtgärd.

De viktigaste slutsatserna från vårt arbete är i korthet att de pilotprojekt som genomförts eller är under genomförande i varierande grad

- Fokuserar på teknik och konceptuella lösningar (inte effekter)
- Inte svarar på en problembild i de trafikmiljöer där de genomförs och/eller mäter fel indikator
- Har ett för litet urval.

Med dessa slutsatser i ryggen har vi formulerat ett par rekommendationer.

7.1 TRAFIKVERKET BEHÖVER ETT BÄTTRE UNDERLAG

Först och främst ser vi att uppskattningar av effekter och potentialer kommer att vara viktiga pusselbitar på vägen från pilotprojekt till storskalig implementering för tillämpningar som Trafikverket ansvarar för alternativt där Trafikverket bör ha en aktiv roll. Trafikverket kommer att behöva ett underlag för att kunna jämföra med andra verktyg för framtida åtgärdsval och möjligen även för att motivera en fortsatt satsning på geofencing.

7.2 ANDRA AKTÖRER HAR ANNAT FOKUS ELLER ANDRA INTRESSEN

För andra aktörer eller för tillämpningar där Trafikverket inte behöver vara en del av en överenskommelse behöver inte behovet av att uppskatta effekter och potentialer vara lika stort. Anledningarna till det kan vara att den kommunala planeringsmetodikerna mer är inriktad på en utvald lösning snarare än att jämföra lösningar. För privata aktörer är det snarare fokus på att säkra en hållbar affärsmodell. För att geofencing ska kunna utvecklas på bred front är det viktigt för Trafikverket att fortsätta att ha ett öppet förhållningssätt till andra aktörers behov och agenda. Trafikverket bör också se över möjligheten att ha en aktiv roll som facilitator och samordnare för tillämpningar som baserar sig på överenskommelser mellan andra parter och som kan ha bäring på Trafikverkets målbild.

7.3 TRAFIKVERKET BÖR STÄLLA TYDLIGARE KRAV PÅ PILOTPROJEKT

Forsknings och Innovationsprogrammet för geofencing innebär en plattform för Trafikverket att genom samarbeten med andra aktörer påverka innehållet i pilotprojekt och andra initiativ. Trafikverkets Forsknings- och innovationsplan beskriver Trafikverkets prioriterade forsknings- och innovationsteman. Här är det möjligt att lyfta fram önskad utformning på pilotprojekt som verksamheten finansierar, i syfte att öka sannolikheten för att projekten får fram data som går att använda för att uppskatta effekter och potentialer. Det kan handla om att pilotprojektens utformning ska svara mot reella problem i den trafikmiljö där de genomförs, är tillräckligt omfattande och mäter relevanta indikatorer. Kort sagt måste Trafikverket se till att fokus skiftar från att testa teknik och konceptuella lösningar till att få fram underlag i rätt format.

7.4 TRAFIKVERKET BÖR SJÄLVA DRIVA FYSISKA PILOTPROJEKT

Ett sätt som kan göra det enklare att få den utformning på pilotprojekten som behövs är att själva initiera och driva dem. Det är också viktigt att själva driva projekt av andra anledningar. Den första anledningen är för att fokusera på tillämpningar med identifierad potential där Trafikverket har rådighet. En annan anledning till att driva pilotprojekt är för att göra samma typ av erfarenheter som exempelvis i fallet med Nattleveranser i Stockholm. I det fallet har Stockholm stad identifierat behov av ny lagstiftning som har fått gensvar i den promemoria som kom hösten 2021 (Regeringskansliet, 2021). Att själva kunna visa till behov som identifierats i fysiska pilotprojekt kan vara en bra referens för att påverka andra aktörers ansvarsområden, exempelvis lagstiftningen.

8. REFERENSER

- Amelsfort, D. v. (den 07 12 2021). Senior Advisor Goudappel B.V. (P. Solér, Intervjuare)
- Arnesen, P. (den 15 11 2021). Seniorforskare SINTEF. (P. Solér, Intervjuare)
- Arnesen, P., Seter, H., Tveit, Ø., & Bjerke, M. M. (2021). Geofencing to Enable Differentiated Road User Charging. *Transportation Research Record*, 0361198121995510.
- Becker, G. S. (1968). Crime and Punishment: An Economic Approach. *The Journal of Political Economy*, 76(2), 169-217.
- Billsjö, R. (den 03 11 2021). Tf enhetschef, Trafikkontoret, Stockholms stad. (P. Solér, Intervjuare)
- BloombergNEF. (2021). *Hitting the EV Inflection Point - Electric vehicle price parity and phasing out combustion vehicle sales in Europe*.
- Brundell Freij, K. (2019). *Uppföljning av stadsmiljöavtal - En handledning*. K2.
- Bruno, I., Donarelli, A., Marchetti, V., Schiavone Panni, A., Valente Covino, B., Lobo, G., & Molinari, F. (2020). Technology Readiness revisited: A proposal for extending the scope of impact assessment of European public services. *ICEGOV2020*. Aten.
- CLOSER. (2021). *Report on market analysis - geofencing-based services in road transport*.
- Dahl, E., Arnesen, P., & Seter, H. (2020). GEOFENCING FOR SMART URBAN MOBILITY: EFFECTS FROM A PILOT WITH RETROFIT EQUIPMENT. *European Transport Conference 2020*.
- Deakin, B., & Yip, S. (2018). *UTC - The Benefits of Transportation Research*. Berkeley, USA: University of California, Center of Economic Competitiveness in Transportation.
- ElectriCity. (2016). *ELECTRICITY. Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik. Statusrapport*.
- Ericsson, E. (2000). *Driving pattern in urban areas - descriptive analysis and initial prediction model*. Lunds Universitet.
- EU. (den 17 11 2021). Europeiska unionens officiella tidning L 409 sextiofjärde årgången. *Lagstiftning*. Europeiska Unionen.
- Foss, T., Seter, H., & Arnesen, P. (2019). *Geofencing for smart urban mobility. Summarizing the main findings of Work Package 1. SINTEF report no. 2019:00123*.
- FOT-Net. (2013). *FIELD OPERATIONAL TESTS From research questions towards deployment*.
- GeoSence. (2020). *GeoSence Proposal: Consortium and General Information*.
- Goudappel. (2021). *Quantative impact of Smart-Mobility in Noord-Holland. ITS World Congress*. Hamburg.
- Hamilton, C. (2012). *ENFORCEMENT OF ROAD PRICING UNDER WEAK INSTITUTIONS*. Stockholm: KTH.
- Hansen, L., Arnesen, P., Graupner, S.-T. L., Leonardi, J., Al Fahel, R., & Andersson, K. (2021). *Current state of the art and use case description on geofencing for traffic management*. GeoSence.
- Leonardi, J. (den 03 11 2021). Dr. Senior researcher. (P. Solér, Intervjuare)
- Leonardi, J., J., A., Brenna, C., Carnaby, B., Grea, G., Pihl, C., . . . Zunder, T. (2015). *Smartfusion. Deliverable D4.1 Report on Impact Assessment. Version 1.0*.
- LOTS Group. (2019). *CIVITAS ECCENTRIC 7.4 NIGHT DELIVERY WITH CLEAN AND SILENT VEHICLES. Final report*.
- Polismyndigheten. (2016). *Polismyndighetens strategi för trafik som metod, PM 46/2016*.
- Regeringen. (2019). *En samlad politik för klimatet - klimatpolitisk handlingsplan prop. 2019/20_65*.

Regeringskansliet. (den 18 05 2017). Handslag om digitalisering och geofencing.

Regeringskansliet. (2021). *Promemoria - Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja ökad användning av geostaket, Ds 2021:28.*

ReVeAL. (2020). *Milestone 10 – Report Market consultation on new technology, products, and measures.*

SCB. (den 22 09 2021). *Körsträckor med svenskregistrerade fordon.* Hämtat från SCB: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/transporter-och-kommunikationer/vagtrafik/korstrackor-med-svenskregistrerade-fordon/>

Seter, H., Hansen, L., & Arnesen, P. (2021). Comparing user acceptance of integrated and retrofit driver assistance systems - A real-traffic study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 79, 139-156.

Smarta urbana trafikzoner. (2020). Projektpresentation.

SUMI. (2020). *Harmonisation Guideline.*

Trafa. (2016). *Trygga och säkra uppställningsplatser.*

Trafa. (2018). *Fordon på väg 2017.*

Trafikverket. (2015). *Effektsamband för transportsystemet - Tänk om och optimera Kapitel 1 Introduktion.*

Trafikverket. (2019). *Tillgänglighet i ett hållbart samhälle - Målbild 2030.*

Trafikverket. (2021a). *Idéskrift - Geofencing.* Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket. (2021b). *Analys av trafiksäkerhetsutvecklingen 2020 - Målstyrning av trafiksäkerhetsarbetet mot etappmålen 2020.*

Trafikverket. (2021c). *Enklare effektsamband för transportpolitisk måluppfyllelse Steg 1 och 2 åtgärder.*

Trafikverket. (2021d). *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033.*

Trivector Traffic; ILS; Edinburgh Napier University. (2006). *MaxSumo Vägledning i planering, uppföljning och utvärdering av mobilitetsprojekt.*

Vadeby, A. (den 12 11 2021). Senior forskare VTI. (P. Solér, Intervjuare)



WSP är världsledande rådgivare och konsulter inom samhällsutveckling. Med 48 700 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.



WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
T +46 10 722 50 00
wsp.com