

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverkets skyltfond. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Metoder för uppskattning och kartläggning av oskyddade trafikanters rese- och exponeringsmönster – hur ser kunskapsläget ut idag?

Sammanfattning

Genom en litteraturstudie identifierades ett flertal olika metoder som kan användas för att uppskatta, mäta och modellera oskyddade trafikanters rörelsemönster. En utvärdering och jämförelse av metodernas pålitlighet och lämplighet för framtida implementering i Sverige är dock svår i dagsläget på grund av stora skillnader i studiernas ansatser. Framtida metoder kommer med stor sannolikhet förlita sig på individers mobila rörelsedata, insamlade med smart teknologi genom applikationer, platsbaserade tjänster och spårning genom rumsliga nätverk såsom telekommunikationsnätverk, globala navigationssystem eller Bluetooth.

Syftet med denna studie var att genom en litteraturstudie kartlägga olika tekniker och metoder som kan användas för uppskattning av oskyddade trafikanters exponering och rörelsemönster för användning vid riskartering och andra spatiala riskanalyser. Vi genomförde två delstudier: (i) en internationell kartläggning av hur tidigare forskning som använt sig av geografiska analyser har kvantifierat exponering och rörelsemönster bland fotgängare och cyklister, och (ii) en litteraturgranskning av nya metoder för att mäta exponering.

Den internationella litteraturgranskningen visade att man enbart i ett fåtal studier använt sig av faktiska exponeringsdata i studier av geografiska skademönster bland oskyddade trafikanter. De flesta metoder som bygger på direkt uppskattning av trafikanter i rörelse (t.ex. genom att räkna cyklister) kan vara svåra att generalisera eftersom detta vanligtvis görs på specifika platser eller under vissa tider och på ett icke-heltäckande sätt över vägnätet. Att använda sig av resedatamodeller för att uppskatta exponering på vägsegmentnivå kan vara ett genomförbart tillvägagångssätt, vilket framgår av flera studier som analyserats. De vanligaste uppskattningsmetoderna som används i Sverige idag är flödesmätningar och resvaneundersökningar. Internationellt har flera studier utförts med flera andra metoder som kan vara intressanta även för implementering i Sverige. Främst bland dem är analyser på data från låncyklar och GPS-data från crowdsourcing med mobilapplikationer. Betydligt fler studier kunde identifieras som rör uppskattning av cyklister än fotgängare. Resvaneundersökningar är ett bra alternativ för att undersöka generella trender över tid. Dock saknas rumslig noggrannhet och det är svårt att kartlägga resandet i en stad endast baserat på resvaneundersökningar. Genom att kombinera data från resvaneundersökningar med befolkningsstatistik kan enkla sketchplaneringar genomföras. Ofta görs dessa modeller med enkla och lättåtkomliga data vilket gör att metoderna är lätta att genomföra och billiga. Det finns en mängd olika tekniker för att implementera flödesmätningar på oskyddade trafikanter i praktiken. Tekniskt sett är det genomförbart att applicera stickprovsmodeller på liknande vis vad som görs i vägnätet för fordonstrafik. En bra uppskattning för resmönstret hos trafikanterna kräver dock många mätningar, detta medför kostnader i form av både utrustning och arbetstid. I nuläget sker förmodligen för få flödesmätningar i de flesta svenska städer, speciellt mätningar av gångtrafikanter för att kunna applicera en sådan metod med ett acceptabelt resultat. Flödesmätningar kan dock användas i kombination med andra metoder för att bekräfta deras resultat. Flödesmätningar är förmodligen den effektivaste metoden för att kontrollera resmönster på små geografiska områden. En känslig fråga som begränsar användning av spårningsteknik idag genom nätverkstriangulering, Bluetooth eller mobila applikationer är personlig integritet. Utöver detta är det en högre risk att sårbara delar av befolkningen (t.ex. barn och äldre) exkluderas av automatisk spårning då dessa individer med större sannolikhet inte medför smart teknisk utrustning. Ändå anses denna teknik mycket framtidsorienterad, effektiv, billig och pålitlig, speciellt när lokaliseringenheter börjar prata med varandra, när mängden insamlade data och dess tillgänglighet ökar och om dagens begränsningar gällande personlig integritet och lagstiftning förändras.

Erhållen trafiksäkerhetsnytta

Vi har kartlagt och analyserat kunskapsläget gällande mätning av exponering och rörelsemönster bland oskyddade trafikanter. Skador bland oskyddade trafikanter, såsom fotgängare och cyklister, utgör ett alltmer uppmärksammat problem. Olyckor som involverar oskyddade trafikanter sker främst i tätorter där kommuner har ansvar för trafikplaneringen. Det är därmed viktigt att kunna skapa tillförlitliga beskrivningar av problembilden på lokal nivå, och riskkartor kan då vara en viktig pusselbit. I många fall kan det räcka med att mäta var de flesta skador och olyckor sker, men samtidigt riskerar det att ge en inkomplett bild av problemet eftersom dessa platser oftast återspeglar samma platser som många människor rör sig kring.

Vår studie syftade till att kartlägga och bedöma värdet i olika metoder för exponeringsmätning och uppskattning av oskyddade trafikanters rörelsemönster. Det fanns till vår kännedom ingen samlad bild och analys av metoder för att skatta resvane- och exponeringsmönster för oskyddade trafikanter, åtminstone inte med fokus på svenska förhållanden. Vi hoppas därmed att resultaten från denna litteraturstudie kan leda till förbättrade möjligheter att kartlägga riskområden i svenska städer och på så sätt främja trafiksäkerhetsarbetet.

Bakgrund

Målsättning

Många kommuner och städer har idag som målsättning att öka andelen cykel och gångtrafik. Anledningen till detta är att minska miljöpåverkan från fordonstrafik samt den positiva effekten på folkhälsan. Klimatförändringen och urbaniseringsprocesser genom en ständig ökande världsbefolkning präglar vår tid och kräver alternativa fossilfria färdmedel i den hållbara staden. Det gäller särskilt i större tätorter där ett bra mikroklimat är viktig för ett hälsosamt liv blir kollektivtrafik, cykling och gående alltmer viktigare transportformer. Ett flertal faktorer är dock avgörande för trafikanters färdmedelsval som diskuteras exempelvis i Krøyer et al. (2017), Mullan (2013), Eriksson (2009), Lindelöw (2009) och Karlsson (2000). Enligt dessa studier kan trafikanters benägenhet att cykla kan förklaras av deras vilja att motionera (hälsoändamål), väderförhållanden, dålig upplevd trafiksäkerhet och avsaknad av trygghet. Som Eriksson et al. (2017) sammanfattar har cykeln lyfts fram som ett transportmedel med många positiva egenskaper och i nationella strategidokument har det uttryckts en önskan om att cyklingen ska öka.

Implementering av nollvisionen

I Sverige pågår ett ständigt arbete med att öka trafiksäkerheten. Man har genom Nollvisionen som mål att ingen ska allvarligt skadas eller dödas i trafiken. Denna vision antogs av Sveriges riksdag 1997 och sedan dess har antalet omkomna i trafiken minskat med 50 procent. De senaste åren har dock utvecklingen planat ut. Enligt Trafikverket (2018) behövs ökad fokus på oskyddade trafikanter för att uppnå visionen. För att öka säkerheten för fotgängare och cyklister kan vissa säkerhetsökande åtgärder genomföras. Dessa åtgärder finns i olika varianter, en variant är trafikplanering så som fler cykelvägar, större åtskiljning mellan fordonstrafik och cykel- och gångtrafik, farthinder och olika trottoartyper. Ett annat slag av åtgärder är utbildningsåtgärder och informationskampanjer. Effekten av dessa åtgärder är dock svårt att bedöma utan att göra detaljundersökningar platserna där de införs (Thakuriah et al. 2010). En snabb sökning i Google Scholar visar hur mycket mer forskning som utförts inom biltrafiken jämfört hos cyklister och fotgängare. Tabell 1 nedan visar en jämförelse mellan antal träffar på sökord.

Tabell 1: Antal träffar i Google Scholar vid sökning av studier kring trafikolyckor och olika trafikanter (augusti 2019).

	Vehicle	Bicycle	Pedestrian
Counting	875 000	78 600	73 100
Mapping	2 180 000	85 000	106 000
Risks	3 370 000	353 000	270 000
Accidents	1 440 000	107 000	193 000
Travel Behaviour	1 150 000	97 700	111 000

Utveckling av valida metoder för uppskattning av oskyddade trafikanters rörelsemönster skulle kunna möjliggöra bättre skattningar av riskfaktorer och särskilt farliga platser i svenska städer. I dagsläget finns ingen översikt över vilka metoder som skulle vara användbara för att uppskatta och kartlägga fotgängare och cyklisters resmönster i Sverige.

Risker för oskyddade trafikanter

Trafikrelaterade skador leder till allvarliga förluster av liv varje år (Haagsma et al., 2013), och icke-dödliga skador leder ofta till stora sjukvårdskostnader och indirekta ekonomiska förluster för samhället på grund av permanenta eller tillfälliga funktionshinder (t.ex. oförmåga att arbeta) (Malm et al., 2008;

García-Altés & Pérez 2007). I de flesta höginkomstländer, inklusive Sverige, har risken för dödsfall eller allvarliga personskador som följd av bilolyckor minskat genom de senaste årtionden på grund av faktorer som ekonomiskt välstånd (van Beeck et al., 2000), lagstiftning (Wright & Lee, 2017; Carpenter & Stehr 2008; Freeman, 2008), förbättringar av trafikinfrastruktur (Soole et al., 2013; Bunn et al., 2003; Elvik 2003) och fordonsteknologi (Vaa et al., 2007; Cummings et al., 2002). Säkerheten har även förbättrats för oskyddade trafikanter, t.ex. cyklister och fotgängare (Buehler & Pucher, 2017), men inte i samma utsträckning som för bilister.

Det finns dokumenterade risker för oskyddade trafikanter, speciellt cyklister har åtta gånger högre och fotgängare fyra gånger högre risk att komma till skada i trafiken än bilister (Thulin, 1998). Öberg (2011) visar att fotgängare och cyklister är 35–40 gånger vanligare att skadas med sjukhusvård som följd per personkilometer än bilister. Även långvariga hälsoeffekter borde beaktas i detta sammanhang. Rojas-Rueda (2011) undersökte exempelvis hälsoeffekter och risker i form av olyckor och avgaser för cyklister i Barcelona och konstaterade att de positiva effekterna på hälsan vägar upp riskerna trots förekomsten av olyckor. För att uppnå målet att fler väljer cykel som färdmedel i framtiden måste trafiksäkerhet och trygghet, två faktorer som är bland annat avgörande för val av transportmedel, garanteras (Lindelöw, 2009). Vidare menar Eriksson et al. (2017) att för att klara av att öka cyklandet utan att försämra säkerheten, behövs underlag för att fatta beslut om vilka åtgärder som behövs genomföras. Bland annat sägs det behövs bättre kunskap om sambandet mellan cykelflöden och skaderisk i olika trafikmiljöer. Krøyer (2015) har undersökt sambanden mellan trafikolyckor, hastighetsbegränsningar och personskador och enligt resultaten utgör olyckshändelser mellan fotgängare och fordon och cyklist och fordon ca 2/3 av alla olyckshändelser med dödlig utgång och Enligt World Health Organization [WHO] (2015) utgör oskyddade trafikanter nästan hälften av alla personer som skadas i olyckor.

Inte enbart cyklister utan även fotgängare är särskilt exponerade för olyckor i kontinuerligt växande städer och ökande fordonstrafik. I Sverige sker nämligen majoriteten av olyckorna med fotgängare (inklusive fall och kollisionsskador) och cyklister i stadsområden. Ur ett politiskt perspektiv faller ansvaret för att förebygga olyckor inom urbana områden (som inte inträffar på statligt ägda vägar, t.ex. motorvägar) på den lokala kommunstyrningen. Lokal data om den rumsliga fördelningen av skadehändelser som involverar oskyddade trafikanter kan därför fungera som ett viktigt verktyg för att identifiera och förbättra säkerheten på högriskplatser. Transportstyrelsens trafikolycksdatabas STRADA (the Swedish Traffic Accident Data Acquisition) ger tillgång till personskadedata och geografiska koordinater baserade på patientdata från akutmottagningar, som kan användas för att analysera rumsliga skademönster. Bristen på lika finkorniga exponeringsdata (t.ex. resvanor) gör det emellertid svårt att bedöma riskmönster. För att kunna minska exponering av dessa oskyddade trafikanter måste både trafikflödes- och rörelsemönster samt variablerna som karakteriserar olyckor vara kända för identifikation av högriskområden och implementering av effektiva säkerhetsåtgärder.

Modeller, data och utmaningar

Enligt Schepers et al. (2014) saknas det modeller som kombinerar riskexponering, risk och samband mellan dessa i vetenskaplig litteratur gällande trafiksäkerhet och mobilitet för cykling. Författarna presenterar ett konceptuellt ramverk för trafiksäkerhet som omfattar ömsesidigt interaktiva faktorer för exponering för risker som uppstår vid resebeteende samt för risker (krockar och skaderisk). Att skapa en länk inom ramen för risk och exponering är viktigt på grund av det icke-linjära förhållandet mellan dem, dvs. risken tenderar att minska när exponeringen ökar. Vidare spelar "uppfattad" risk (en typ av resemotstånd) en roll i resevalet, det vill säga uppfattningen att en viss typ av fordon är osäker kan vara avskräckande för dess användning. Cykling är ett område där regeringar vanligen har mål för både

rörlighet och säkerhet. Detta anses därför som viktigt ur ett vetenskapligt perspektiv. I jämförelse till andra länder tillhandahåller STRADA-databasen detaljerad rapporterade olyckshändelser med information från både polis och sjukvård vilket kan ge en mer synoptisk och värdefull bild över olyckshändelser, speciellt i tätbebyggda områden och över oskyddade trafikanter (Jonsson et al., 2011). God tillgång till delvis öppna och relevanta geodata från svenska myndigheter såsom Lantmäteriet, vägnätet från Trafikverket och Naturvårdsverket möjliggör pålitliga och noggranna analyser av spatio-temporala samband av olyckshändelser. Sammanställningen av åtgärdseffekter baserade på litteraturen i Jonsson et al. (2011) visar på att många undersökta åtgärder har positiva men varierande effekter på trafiksäkerheten beroende på vilken trafikantgrupp undersöktes. Dock resterar en hel del osäkerhet i resultaten också på grund av oklarheter i rapporteringsskeden och avsaknad av rapporterade olyckshändelser. Vidare framgår det inte heller en uppskattning i vilken grad en avsaknad av en viss trafiksäkerhetsåtgärd påverkar säkerheten. Det som inte har systematiskt analyserats är olycksorsak och koppling till geografiska variabler, trafikflöden, trafikanters rörelsemönster och exponering av oskyddade trafikanter. Lindelöw (2009) poängterar att fotgängare och cyklister behandlas i många studier som ett begrepp ("GC-trafik") men att det trots ett antal likheter mellan dessa två trafikantgrupper är ibland viktigt att hålla isär fotgängare och cyklister såväl i studier som i praktisk planering.

Syftet med projektet

Det finns väletablerade metoder för kvantifiering av resmönster för biltrafiken som kan användas dels för att mäta resvanor, men även för kvantifiering av riskexponering i vägtrafik. Detsamma gäller inte för mätning av resmönster och riskexponering för oskyddade trafikanter (cyklister, fotgängare, mm).

Utveckling av valida metoder för detta skulle kunna möjliggöra säkrare skattning av riskfaktorer och särskilt farliga platser inom svenska städer. I dagsläget finns dock ingen överblick över vilka metoder som skulle kunna vara användbara och kostnadseffektiva från en svensk kontext.

Som Schepers et al. (2014) sammanfattar fattas det ofta vetenskapliga modeller som bedömer risk och riskexponering för oskyddade trafikanter i vetenskaplig litteratur. Jonsson et al. (2011) påstår även att ”ett problem med nuvarande åtgärder som genomförs är att det är svårt att beräkna effekterna av olika trafiksäkerhetsåtgärder för oskyddade trafikanter. Det som finns framtaget är ofta grova schabloner, vilket gör att beräkningarna blir approximativa och de förväntade effekterna uppskattade”.

Det här arbetet syftar till att undersöka vilka metoder för uppskattning av oskyddade trafikanters resmönster som finns tillgängliga, används och lämpar sig för användning i svenska städer genom att utföra en litteraturstudie. Det studeras såväl internationella som svenska publikationer för att kunna presentera en helhetsbild över traditionella, nuvarande och potentiella framtida metoder för att uppskatta oskyddade trafikanters rörelsemönster och exponering för trafikolyckor. Förhoppningen är att studien ska kunna bidra till ökad trafiksäkerhet genom att fungera som vägledning gällande metodval vid implementering av nya mätsystem eller som beslutsunderlag.

Beskrivning av metod och material

Resultaten från detta projekt baserat på två litteraturstudier: (i) en internationell kartläggning av hur tidigare forskning som använt sig av geografiska analyser har kvantifierat exponering och rörelsemönster bland fotgängare och cyklister, och (ii) en litteraturgranskning av nya metoder för att mäta exponering. Kartläggningen baserades på vetenskaplig litteratur, rapporter, vitböcker och grålitteratur. Metod för båda delstudierna presenteras var för sig nedan.

Användning av exponeringsdata vid geospaciala riskanalyser

Denna litteraturgranskning bygger vidare på en tidigare studie som granskade publicerad forskning som använt geospaciala metoder för att kartera och modellera skaderisker i allmänhet (Singh et al., 2016). Vi började med att extrahera alla artiklar från Singh et al. (2016) som handlade om oskyddade trafikanter (n = 13), i syfte att analysera dessa med fokus på om och hur de mätt och kvantifierat exponering. Deras sökning sträckte sig enbart fram till 2015. Vi uppdaterade därför deras sökning för att täcka in åren 2016 till 2019. Sökstrategin, som anpassats från Singh et al. (2016), återfinns nedan.

Söksträngar som användes

#1 - Geographic variation, geographical variation, geographic distribution, geographical distribution, geographic analysis, geographic analyses, spatial clustering, spatial cluster, spatial interaction, spatial autocorrelation, spatial auto-correlation, geographical mapping, spatial analysis, spatial analyses, spatial heterogeneity, geographically weighted, hotspot, hot-spot, high risk, hotspots, hot-spots, geographic information systems, geographic information system, GIS, spatial error modelling, geospacial, geo-spatial, exploratory data analysis, spatial correlation, spatial Bayesian modelling, geographical risk factors, spatial externality, geographical characteristics, conditional autoregressive, geographical inequalities, spatial aggregation, spatiotemporal, spatio-temporal, spatial temporal, neighbourhood, spatial structure

#2 - Trauma, traumas, traumatic, injury, injuries, injured, drown, drowning, drowned, burn, burns, fall, falls, crash, crashes, accident, accidents

#3 - Violent, violence, war, suicides, gene, genes, genital, genetic, rat, cell, soil, DNA, cancer, biological, gait, animal

#4 – Vulnerable road user*, cycl*, pedestrian*, bycycl*, unprotected road user*,

Sökstrategi

Följande sökning genomfördes i Scopus:

(#1 AND #2 AND #4) NOT #3.

Efter granskning av titlar valdes 118 artiklar ut för granskning av abstrakt. Av dessa uppfyllde 44 artiklar våra inklusionskriterier. Totalt sett granskades således 56 artiklar i fulltext, inklusive de 13 artiklar som extraherades från Singh et al. (2016).

Inklusionskriterier

Vi inkluderade alla studier som uppfyllde följande kriterier:

- Använde geospaciala metoder för att analysera skade- eller olycksdata.
- Fokuserade på oskyddade trafikanter (cyklister och/eller fotgängare).
- Peer-reviewed och skrivna på engelska.

Extrahering av data

Vi extraherade följande information från varje artikel:

- Vilken olyckstyp som studerades.
- Angiven anledning till att spatiala analyser användes (hotspot-analys, identifiering av spatiala riskfaktorer, mm).
- Det land/den region där studien genomfördes.
- Spatial upplösning (t.ex., regional/lokal kartering eller koordinater).
- Om och hur exponering kvantifierades (t.ex., antal resor, tid spenderad i trafik).
- Källa för exponeringsdata (t.ex., resvaneundersökningar, register, modeller).

Extraherade data presenteras i sin helhet i Bilaga 1.

Kartläggning av aktuella och nya metoder för exponeringsmätning bland oskyddade trafikanter

I litteraturstudien undersöktes bara texter på engelska och svenska. Arbetet har främst inriktats mot olika datainsamlingsmetoder och mindre fokus har lagts på modeller och analyser av data. I diskussionen och utvärdering av metoder så har det tagits hänsyn till diverse förordningar och lagar i viss utsträckning, mest relevant är den så kallade dataskyddsförordningen *GDPR (General Data Protection Regulation)*. De sökmotorer som använts i denna del av studien är Google Scholar, Scopus och Web of Science. De sökfraser som använts var:

- Mapping cyclist and pedestrian
- Resvanor
- Pedestrian and cyclist counting
- Bicyclist and pedestrian travel behaviour
- Crowdsourcing
- Bicyclist and pedestrian risk
- Bicyclist and pedestrian data collection
- Bikesharing behaviour

Följande tabell visar antal träffar på de olika sökorden i sökmotorerna.

Tabell 2: Antal sökträffar i olika motorer.

	Google Scholar	Scopus	Web of Science
Mapping cyclist and pedestrian	20 800	15	44
Resvanor	1 700	0	0
Pedestrian and cyclist counting	19 900	15	51
Bicyclist and pedestrian travel behaviour	18 500	23	25
Bicycle and pedestrian risk	43 800	328	242
Bicyclist and pedestrian data collection	19 800	25	17
Bikesharing behaviour	8 740	22	23
Crowdsourcing	206 000	12 162	6 985

Positionering, spårning och platsbaserade tjänster

Förutom den strukturerade litteraturstudien granskades även externa projektpartners aktiviteter såsom relaterade forskningsprojekt, konferensaktiviteter och vetenskapliga uppsatser på kandidat, master

doktorsnivå samt det som kan kategoriseras som relaterade skrivbordsstudier. Dessa relaterade aktiviteter inkluderade:

- Deltagande i projektet *NOESIS (Novel Decision Support tool for Evaluating Strategic Big Data investments in Transport and Intelligent Mobility Services)* som hjälpte till att förstå hur utvärderingar av Big Data-investeringar i transportsektorn genom tillhandahållandet av *BDTL (Big Data in Transport Library)*, *NOESIS* beslutsstödverktyget och kunskap om överförbara metoder, affärs- och organisationsmodeller samt teknik- och policyriktlinjer sker. Forskningen och resultaten från *NOESIS* sammanfattas i *NEOSES* (2019a; 2019b; 2019c; 2019d).
- Biträdande handledning av licentiatuppsatsen “Enriching Automated Travel Diaries Using Biometric Information” (Palmberg, 2019)
- Handledning av masteruppsatsen “Exploring the attributes relevant to accidents between vehicles and unprotected road users, taking Stockholm as an example” (Ouyang, 2019)
- Interaktion med berörda intressenter inom branschen och medlemmar i forskningssamhället via projektdeltagarnas professionella nätverk

De utforskade ämnena, som diskuteras under resultaten, inkluderade:

- Positionering i trådlösa nätverk
- Lokalisering genom plastbaserade tjänster *LBS (Location Based Services)*
- Konsistens i frivillig geografisk information *VGI (Volunteered Geographic Information)*
- Dataintegritet

Resultatredovisning

Användning av exponeringsdata vid geospatiala riskanalyser i publicerad forskning – aktuella empiriska metoder i trafikepidemiologi

Detta avsnitt sammanfattar resultaten från vår granskning av internationell forskningslitteratur, vars syfte var att kartlägga användningen av exponeringsdata i studier som använder geospatiala analyser för att studera riskmönster bland oskyddade trafikanter. Detaljerad information om varje studie återfinns i Bilaga 1.

Majoriteten av de 56 studier som inkluderas i granskningen handlade om kollisionsolyckor mellan motorfordon och fotgängare (n = 35), fotgängare och cyklister (n = 9) och cyklister (n = 8). Enbart två studier undersökte spatiala riskmönster vad gäller singelolyckor bland fotgängare eller cyklister (detta resultat kan troligtvis förklaras av att de flesta studier använde polisrapporterade skade- och olycksdata, vilket sällan inkluderar singelolyckor där motorfordon inte är inblandade). Syftet med att använda spatiala analyser varierade mellan studierna. Den vanligaste anledningen var för att identifiera riskfaktorer kopplade till omgivningen ("spatiala riskfaktorer") (n = 24), tätt följt av hotspot-analyser för att hitta platser där särskilt många olyckor/skador sker (n = 23). Mindre vanliga syften var att modellera kollisionsrisker (n = 9), att hitta platser eller områden med särskilt problematisk utveckling över tid ("spatiotemporala analyser", n = 4), prediktionsmodellering för skaderisk [där exponeringsinformation tagits hänsyn till] (n = 2) och enbart för visualisering av data (n = 1).

Majoriteten av studierna var genomförda i Nordamerikanska länder (n = 36), följt av Europa (n = 7), Australien (n = 4), Asien (n = 4) och Mellanöstern (n = 4). Enbart två identifierade studier hade genomförts i Central- eller Sydamerikanska länder. Värt att notera är att de två studier som undersökte singelolyckor var båda genomförda i Sverige (Dozza, 2017; Ceccato & Willems, 2019), vilket inte är särskilt förvånande eftersom trafikolycksdatabasen *STRADA (the Swedish Traffic Accident Data Acquisition)* är – åtminstone till vår kännedom – en världsunik källa till detaljerade trafikolycksdata som innehåller geokodad information både från polis- och sjukvård. Det finns således goda förutsättningar att studera spatiala riskmönster för oskyddade trafikanter i en svensk kontext.

Ungefär hälften av studierna hade tagit hänsyn till exponering på ett eller annat sätt (n = 25, 45 %). Den vanligaste strategin var att använda en kombination av olika indirekta mått på exponering, såsom markanvändning, populationsdensitet och andelen pendlare inom den geografiska enhet som studerades, eller så kopplades motsvarande siffror på från geografiska enheter på högre nivå (t.ex. staden i sig) till enheter på lägre nivå (t.ex. ett område inom en stad) (n = 10). Denna metod förekom oftast i studier som fokuserade på att identifiera spatiala riskfaktorer eller modellera kollisionsrisker, där exakta exponeringsdata kan anses vara sekundär så länge de indirekta måtten starkt predikerar kollisionsrisker eller om den sanna exponeringen kan anses vara likadan oberoende av vilken geografisk enhet man befinner sig i betingat på värdena av de indirekta måtten (med andra ord, om man är villig att anta att den tid oskyddade trafikanter befinner sig i trafik är likadan i två områden om de har exakt samma markanvändning, andel pendlare och populationsdensitet). Av särskilt intresse för vårt projekt så använde studie ett index för att klassificera vägsegment utifrån dess cykelinfrastruktur och jämförde detta index mot data som samlats in genom *crowdsourcade* exponeringsdata som samlats in genom en mobilapplikation. Deras resultat visade att det finns en korrelation mellan det indirekta indexet och de data som inhämtades genom denna, vilket antyder att crowdsourcing kan vara potentiell datainsamlingsmetod för att inhämta exponeringsdata för oskyddade trafikanter. Studien ger dock inga

ytterligare detaljer och påvisar inga direkta bevis som talar varken för eller emot validiteten i denna approach (eftersom båda måtten som de jämförde kan vara felaktiga).

Den näst vanligaste strategin för att mäta exponering vara att skatta faktisk exponering (t.ex., antal resor, tid som spenderas i trafik eller personkilometer) indirekt genom modeller som skapats genom resvaneundersökningar (n = 10). Dessa metoder användes oftast i studier som hade lågupplösta data där analysenheterna exempelvis bestod av områden eller hela städer, vilket troligtvis beror på att resvaneundersökningar inte lika enkelt kan användas för att skatta exponering med finare upplösning (t.ex. ner på exakta vägar eller koordinater).

Enbart två mätte exponering direkt. En gjorde det genom att räkna cyklister vid utsatta mätstationer (Dozza, 2017), och den andra genom att filma cyklisters resor genom att fästa kameror på deras hjälmar (Hamann & Peek-Asa, 2017). Dock använde ingen av dessa studier sina exponeringsmått i spatiala analyser; Dozza (2017) använde koordinater från för att identifiera cykelolyckor som skett vid mätstationerna, och Hamann & Peek-Asa (2017) kvantifierade enbart risken för tillbud, dock inte kopplat till olika geografiska platser (kartering användes enbart för att visualisera vart tillbudet skedde). En studie kompletterade indirekta skattningar från resvaneundersökningar med observationer på plats för att förbättra sina exponeringsskattningar (Xu et al., 2016), och en ytterligare studie kombinerade både direkta och indirekta angreppssätt genom att filma ett urval av korsningar för att skapa en exponeringsmodell för alla korsningar i staden (Hasani et al., 2019).

Av de studier som inte använde någon exponeringsdata nämnde 11 (35 %) att bristen på exponeringsdata utgjorde ett hot mot validiteten i deras studie. En av studierna som använde indirekta mått på exponering diskuterade också detta som en svaghet i förhållande till riktiga exponeringsdata.

Kartläggning av aktuella och nya metoder för exponeringsmätning bland oskyddade trafikanter

Denna litteraturgranskning visade att de vanligaste metoderna som används i Sverige idag är flödesmätningar och resvaneundersökningar. Internationellt har flera studier utförts med flera andra metoder som kan vara intressanta även för implementering i Sverige. Främst bland dem är analyser på data från låncyklar och GPS-data från crowdsourcing med mobilapplikationer. Det finns mycket forskning kring uppskattning av resmönster i fordonstrafiken men all kunskap går inte att applicera på cykel- och gångtrafik. Det finns flera viktiga skillnader mellan fordon, gång och cykeltrafik att ta hänsyn till. En sådan aspekt är väder. Vädret påverkar gång- och cykeltrafik i större utsträckning än fordonstrafik (Aultman-Hall et al. 2009, Brandenburg, 2007; Niemeier, 1996). Flera studier har även visat att terrängen har stor betydelse – cyklister är mindre benägna att cykla i branta uppförsbackar (Charlton et al., 2011; Menghini et al., 2009; Schneider et al., 2012). En annan viktig skillnad är att oskyddade trafikanter är svårare att upptäcka med konventionella metoder eftersom de är friare att och röra sig utanför vägnätet. Fotgängare och cyklister kan röra sig i större grupper vilket gör mätningar mer problematiskt (Ryus et al. 2014).

De metoder som är i bruk idag för att uppskatta resandet hos oskyddade trafikanter i Sverige är främst resvaneundersökningar och flödesmätningar (Niska et al., 2010). I denna studie beskrivs antal och sätt av mätningarna i 15 av Sveriges större kommuner (Tabell 3). Mätningar av fotgängare är fortfarande ovanligt i Sverige.

Tabell 3 Cykelräkningar i svenska kommuner (Niska et al. 2010).

Kommun	Antal	Mätmetod	Tid
Stockholm	32	Optisk fiber	Kontinuerligt
	32	Manuell 6h	Maj/juni + aug/sep
Göteborg	15-18	Manuell	
	3	Induktiv slinga	
Malmö	2	Manuell	Höst och vår
		Induktiv slinga	Kontinuerligt
Linköping		Induktiv slinga	Sporadiskt
Västerås	12	Manuell 2h	
	1	Induktiv slinga	Kontinuerligt
Örebro	13-18	Induktiv slinga	Kontinuerligt
Helsingborg		Induktiv slinga	
Jönköping	4	Induktiv slinga	Kontinuerligt
	25	Pneumatisk slang	2v per år
Umeå	25-30	Pneumatisk slang	2v per år
	2	Induktiv slinga	Kontinuerligt
Lund	70-140	Manuell 4*15 min	
Gävle	4	Induktiv slinga	Kontinuerligt
		Radar	Vid behov
		Manuell	
Halmstad	5+1	Radar	
Karlstad	6	Induktiv slinga	1v i vår och höst
Växjö	24	Pneumatisk slang	2v per år
Kristianstad	6	Induktiv slinga	3v i höst

Resvaneundersökningar

En metod som tillämpas ofta i Sverige är resvaneundersökningar. Det finns en rad olika undersökningsmetoder som kan användas, till exempel telefonintervjuer, enkäter eller webbenkäter. Det genomförs regionala, lokala och nationella undersökningar i Sverige. Resvaneundersökningar undersöker hur stor andel av befolkningen i området som cyklar eller går samt av vilket syfte resandet har snarare än det totala antalet (Niska et al., 2010). Den senaste nationella resvaneundersökningen ”RVU Sverige” genomfördes av myndigheten Trafikanalys åren 2011–2016. Undersökningen genomfördes med telefonintervjuer (Trafikanalys, 2017).

En modell som använder sig av resvaneundersökningar är så kallad sketchplanering. Modellen bygger på att kombinera befolkningsstatistik med andelen som cyklar (Barnes & Krizek, 2005). I (Barnes & Krizek, 2005) utvecklades en modell för att uppskatta det totala cyklandet i ett givet geografiskt område. Målet var att modellen skulle vara enkel och använda sig av lättåtkomliga data. Modellen använder resvanedata från NHTS (National Household Travel Survey) som är en nationell resvaneundersökning i USA och MSA (Metropolitan Statistical Area) vilket är befolkningsstatistik för områden i och kring större städer. Thakuriah et al. (2010) använde en sketchplaneringsmetod baserad på vissa ekologiska faktorer samband mellan med olyckor hos oskyddade trafikanter. I studien genomfördes en fallstudie på Chicago Metropolitan Area. De använde sig av olycksstatistik, resvaneundersökningar, befolkningsstatistik och en rad spatiala faktorer för att ta fram högriskzoner.

Niska et al. (2010) analyserade genomförda lokala, regionala och nationella resvaneundersökningar och flödesmätningar i Sverige. Författarna påpekar bland annat att flödesmätningar och

resvaneundersökningar mäter olika saker. Flödesmätningar mäter antal och resvaneundersökningar mäter andel. Därför kan till exempel flödesmätningar visa att cyklandet ökar och resvaneundersökningar visa att cykelandel minskar och båda slutsatserna kan vara korrekta. Analysen visade att ett problem med resvaneundersökningar i Sverige är det finns metodiska kvalitetskillnader olika undersökningarna. Dessa skillnader medför svårigheter att jämföra resultat mellan olika platser och undersökningar. Resvaneundersökningar är ett bra alternativ för att undersöka generella trender över tid, exempel hur mycket resandet med cykel förändrats de senaste tio åren. Dock saknas noggrannhet och det är svårt att kartlägga resandet i en stad endast baserat på resvaneundersökningar. Genom att kombinera data från resvaneundersökningar med befolkningsstatistik kan enkla sketchplaneringar genomföras. Ofta görs dessa modeller med enkla och lättåtkomliga data vilket gör att metoderna är lätta att genomföra och billiga (Bengtsson 2019).

Flödesmätningar

Flödesmätningar är mätning av antal fordon eller trafikanter på utvalda platser. Mätningarna kan utföras antingen manuellt eller med teknik. Vissa städer i Sverige utför redan idag flödesmätningar av cyklister, dock är mätning av fotgängare fortfarande relativt sällsynt (Niska et al., 2010). Flödesmätningar har en väldokumenterad användning inom fordonstrafiken, exempelvis använder trafikverket flödesmätningar för framtagande av årsdygnstrafik (ÅDT) som används bland annat som grund för planering och dimensionering av drift och underhållsinsatser på vägnätet (Trafikverket, 2015). Eftersom flödesmätningar bara sker på utvalda platser och det inte är genomförbart att mäta flödet på varje individuellt vägsegment så måste någon typ av modell för att estimeras flödet på övriga vägar användas. En vanlig metod som tillämpas är stickprovsmodeller, alla vägsegment grupperas efter attribut så som vägtyp, geografiskt läge eller närhet till kollektivtrafik. Stickprovsmätningar utförs vanligtvis i varje grupp och vägsegment med samma attribut tilldelas samma värden. (Davis & Wicklats, 2001; Dowds & Sullivan 2012; Nordback & Sellinger 2014, 2017). Det finns ett antal tekniker som tillämpas vid flödesmätningar. Vilken teknik som är att föredra beror på syftet med mätningen. Det är viktigt att skilja på långsiktiga eller kortsiktiga mätningar. Vissa tekniker har komplicerade eller dyra installationer och lämpar sig därför endast för långsiktiga mätningar. Ryus et al. (2014) beskriver 14 metoder för räkning av fotgängare och cyklister. De mest väletablerade metoderna beskrivs i underkapitlen nedan.

Manuell räkning

Den mest grundläggande räkningen är manuell räkning. En eller flera personer räknar cyklister och/eller fotgängare för hand på en plats under en begränsad tid.

Pneumatisk slang

Teknologin baseras på att gummislangar ligger över vägen och när slangen körs över registreras den luftpuls som skapas. Det finns två olika typer av slangar som kan användas, speciellt utformade slangar med tunnare väggar som endast kan räkna cyklar och slangar utformade för att räkna både cyklister och motortrafik (Hyde-Wright et al., 2014). Studier har visat att speciellt utformade slangar med tunnare väggar för att lättare registrera cyklar ger ett bättre resultat jämfört med mätningar utförda med slangar för generellt bruk (Hyde-Wright et al, 2014; Hjelkrem & Giæver, 2009).

Induktionsslinga

Metoden fungerar genom att en slinga läggs under eller ovanpå trottoaren. Slingan är kopplad till en växelströmskälla vilket skapar ett magnetfält. Sensorn känner av förändringar av magnetfältet som sker då en cykel (specifikt metallen i cykeln) passerar ovanför slingan (Kidarsa et al., 2006). Cykelbarometrar som kan hittas i diverse städer i Sverige mäter ofta med en induktiv slinga.

Infraröda sensorer

Det finns två typer av infraröda sensorer som kan användas vid flödesmätningar; passiva och aktiva. Den aktiva typen fungerar genom att en sändare placeras jämt emot en mottagare, när strålen mellan sändaren och mottagaren bryts så registreras en passering. Den passiva sensorn känner av fotgängare och cyklister genom att jämföra bakgrundsstrålning med strålning från objekt som passerar framför sensorn (Bu et al., 2007).

Fiberoptisk kabel

Vägverket (2008) rekommenderade fiberoptisk kabel för långtidsmätningar. Metoden fungerar genom att sensorn känner av skillnader i ljuset i kabeln från trycket på den.

Videoövervakning

Cykel och gångtrafik kan räknas från film ifrån övervakningskameror. Det kan ske antingen manuellt genom att någon ser på filmerna och räknar manuellt eller automatisk med speciella dataprogram som kan utskilja cyklister och fotgängare genom bildanalys och räkna dem. Genom att analysera storleken och hastigheten på objekten som rör sig framför kameran kan också fotgängare och cyklister skiljas och räknas separat (Niska et al. 2010). Videoövervakning är en av teknikerna som kan vara problematisk från ett GDPR-perspektiv.

Övriga metoder

Övriga metoder som finns beskrivna av Ryus et al. (2014) är piezoelektriska, radio, värme, laser och magnetiska sensorer.

Det finns expertis och erfarenhet med flödesmätningar på grund av dess vida användning för trafikplanering och undersökningar inom fordonstrafiken. Dowds & Sullivan (2012) tillämpade en metod som används för framtagning av *VMT (Vehicle Miles Traveled)* på cykel och fotgängare för att uppskatta *BPMT (Bicycle and Pedestrian Miles Traveled)*. Beräkningarna baserades på flödesmätningar utförda mellan 2007 och 2011 på 29 olika platser. Mätningarna utfördes med infraröda sensorer och videokamera. Författarna påpekar vikten av att ha både långvariga och kortvariga mätningar för att kunna ta fram korrektionsfaktorer för väder, årstid och tid. De drar dock slutsatsen att ”även i områden som har en lång historia av att räkna cyklister och fotgängare som Chittenden County, så kan data vara otillräcklig för att uppskatta BPMT”. Nordback & Sellinger (2017) undersökte tre olika metoder för att uppskatta BPMT i Washington State. Två av metoderna baseras på flödesmätningar i form av manuella tvåtimmars flödesmätningar och kortvariga mätningar med pneumatisk slang. En permanent räknestation för cyklar vid Seattle Fremont Bridge användes för att få korrektionsfaktorer. Metoderna som undersöktes var en stickprovsmetod, en aggregerad efterfrågemodell (se nedan) och en analys av resvaneundersökningar. Författarna tror att stickprovsmetoden är bäst för att uppskatta BMT. Men att en resvaneundersökning lämpar sig bättre för PMT eftersom svårigheter med att kvantifiera ett vägnät för fotgängare gör det problematiskt att fånga resor med flödesmätningar. De påpekar dock att ingen av metoderna har tillräckligt noggrannhet för att uppskatta BMPT.

Lånecyklar

Idag finns det i flera städer tillgång till lånecyklar. Ett exempel på detta är Styr & Ställ i Göteborg eller de elsparcyklar som numera finns tillgängliga i flera svenska städer. Eftersom stationerna där man lånar och ställer ner cyklarna lagrar cyklarnas unika ID, tider och andra data så kan de användas för att få ut information om resmönster i städerna (Griffin et al., 2014). Austwick et al. (2013) beskriver metoder för att utföra nätverks och spatiala analyser på data från lånecykelsystem. Data från fem olika städer (London, Boston, Denver, Minneapolis och Washington) undersöktes. De data som utvinns ifrån de olika lånecykelsystemen innehåller information om start- och stoppunkt samt start- och sluttid för de

olika cyklarna men ingen information om resvägen. För att kunna visualisera data så använde forskarna "Routino" för att skapa teoretiska cykelruttor. Routino är en applikation för att hitta en rutt mellan två punkter med hjälp av fritt tillgängliga, öppna geodata data från *Open Street Map*. Vid själva analysen av data användes dock inte de teoretiska rutterna eftersom de ansågs ha för många antaganden. Data användes för att utföra diverse nätverksanalyser. Analyserna visade vissa intressanta likheter och skillnader mellan de olika städerna. En intressant observation som gjordes var att tiden och sträckan som cyklas är mycket lika emellan de olika städerna. En studie i Chicago undersökte spatiotemporala mönster från låncykeldata (Zhou, 2015). Studien använde data från låncyklarna "Divvy". Vid tiden för studien hade systemet 300 stationer och 3 000 cyklar. Eftersom användare måste registrera sig för att låna cyklarna fanns utöver data om tid och plats även data om användaren (kön och ålder). Målet med studien var att se hur cykelflöden varierar mellan tid, veckodag och användargrupper samt att granska den spatiotemporala distributionen och behovet av cyklar och stationer. I studien dras slutsatsen att den föreslagna metoden kan användas för att undersöka cykelbeteenden och rörelsemönster även i andra städer. Gemensamt för de studier som granskats i litteraturstudien är att de hanterat data från låncyklar som saknar GPS-system utan data består endast av start och stoppunkt, det finns nyare system till exempel vissa elsparkcyklar som har en inbyggd GPS och kanske i framtiden kan användas för att göra studier med bättre data. Ett problem med data från låncyklar är att de inte fångar hela cykelpopulationen utan bara de som använder låncyklar och det är inte givet att de representerar resmönstret hos alla cyklister. Låncyklar finns bara tillgängligt i vissa svenska städer och därför kan inga allmänt giltiga slutsatser över rörelsemönster dras i dagsläge (Bengtsson, 2019).

Aggregerad efterfrågan

En metod som har använts för att uppskatta oskyddade trafikanters resande är så kallade aggregerade efterfrågemodeller. Modellerna bygger på att resandet uppskattas genom regionala förhållanden som är förknippat med mängden gång och cykelresor som exempelvis populationsdensitet, inkomst och klimat. Schneider et al. (2009) tog fram en sådan modell över flödet av fotgängare. Modellen är baserad på data från manuella flödesmätningar i 50 olika korsningar i Alameda County, CA (USA). Samband mellan mängden fotgängare undersöktes mot 50 olika variabler. Den rekommenderade slutgiltiga modellen bygger på fyra variabler; total population inom 805 m radie, total sysselsättning inom 161 m radie, antal kommersiella fastigheter inom 402 m radie och antal järnvägsstationer inom 161 m radie. Samma metod användes av Schneider et al. (2012) för att ta fram en modell i San Francisco, CA (USA). Modellen visade att även i San Francisco finns ett starkt samband mellan mängden fotgängare och total population och sysselsättning. Till skillnad från Schneider et al. (2009) fann studien samband med betalparkeringar, områden med mindre höjdskillnader, närhet till universitetscampus och vid korsningar med trafiklysen. En aggregerad efterfrågemodell kan vara en lösning för att få en överblick över efterfrågan på cykelvägar eller dylikt utan att behöva göra mängder av mätningar. Dock är modellerna inte så noggranna då alla faktorer som påverkar cyklandet och gåendet inte kan användas i analysen, vissa faktorer kan vara svåra att mäta och andra kanske är helt okända. Exempel på svåräta faktorer är kulturella skillnader och områdets historia. Skillnaderna mellan vilka variabler som påverkar gåendet mellan studierna i Alameda och San Francisco indikerar att dessa modeller är områdesspecifika. Detta betyder att en ny modell bör tas fram för varje stad för att få optimalt resultat (Bengtsson, 2019).

Generering av resor

Det finns ett antal metoder för att uppskatta resande genom att simulera resor. Modellerna bygger på att uppskatta resandet utefter markanvändning och behov för att utföra gång och cykel-resor. En viktig skillnad mellan dessa typer av modeller och traditionella datainsamlingsmetoder är att generering av resor förutspår framtida behov och inte nuvarande resmönster (Ryus et al., 2014). NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) har tagit fram en guide över metoder för att uppskatta

resandet genom diverse modeller som genererar resor (Kuzmyak et al., 2014). Enligt författarna tenderar analytiska alternativ för att uppskatta efterfrågan på resor på cykel eller till fots att tillhöra en av följande två kategorier. Uppskattning genom regionala modelleringsmetoder baserade på aggregering av efterfrågor som ofta är för grova för att kunna ta hänsyn till cyklister och fotgängare och modeller som förlitar sig på platsbundna flödesmätningar. Varken ansats beaktar en rad utmaningar som modellering av oskyddade trafikanter medför. Framtida modeller ska enligt Kuzmyak et al. (2014) ta hänsyn till följande 7 punkter: 1) det finns en skillnad mellan cyklister och fotgängare; 2) koppling mellan markanvändning och transportnätverk är mycket viktigt; 3) Acceptabelt reseavstånd beror på resans syfte och mål; 4) personer som bor i komplexa blandade miljöer (tex städer) reser oftare till ett enda ställe och tillbaka istället för att planera en komplicerad flerstoppsrutt. Dessa personer cyklar och går i mycket större omfattning; 5) väder och topografi har mycket större betydelse för oskyddade trafikanter än för bilister; 6) personlig säkerhet är större fråga för oskyddade trafikanter och 7) socio-demografiska skillnader påverkar val av resemedel.

Positionering i trådlösa nätverk

Data från mobilnät *MCN (Mobile Cellular Networks)* anses vara en oöverträffad källa till kunskap om mänsklig rörlighet: de möjliggör insamling av platsinformation i realtid, utnyttjar befintlig infrastruktur och når ungefär 80 % av den globala befolkningen och så högt som 97,8 % av befolkningen i utvecklade länder [presentation av 5G Evangelist Simon Moritz på Ericsson]. MCN har utvecklats under ett antal generationer (1G till 5G) i samband med teknologiska, sociala, affärsmässiga och politiska förändringar. Några av de viktigaste förändringar som formade och fortsätter att forma och förbättra platsavkänningsmöjligheterna för MCN är: 1) förbättring av trådlös kommunikationsteknologi (större bandbredd och frekvenser samt högre densitet för riktningssensitiva antenner) för att ge förbättrad kommunikationsprestanda (latens, genomströmning och bandbredd) och relaterade samt 2) det ökande antalet och typen av och allestädes närvarande användning av anslutna mobila enheter, dvs *IoT (Internet of Things)* i alla möjliga användningsområden och sammanhang.

Trådlös kommunikation, MCN och relaterade positioneringsteknologier är egna vetenskapliga discipliner och tekniska områden och en fullständig redogörelse för dessa fält kan inte genomföras inom projektets ram, men branschartikeln av Lu och Bartlett (2020) med titeln "Hur kommer 5G-nät att förbättra platsmedvetenhet?" ger en bra översikt över fältet och samspelet mellan teknikerna. Följande är en sammanfattning av denna branschartikel.

Positionering i mobilnät var initialt en sidoprodukt för att dirigera inkommande samtal till mottagarens mobila enhet/terminal, dvs. för att möjliggöra kommunikation mellan mobila enheter via åtkomstpunkter (antennerna) inom ett geografiskt område via mobilrutor. För att möjliggöra räddningstjänster har först USA och senare EU och resten av världen ställt lagstadgade krav på det exakt mobilnätbaserad positionering av mobila enheter - i motsats till det terminalbaserade *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)* positioneringssystem. Därför har leverantörerna av MCN-utrustning utvecklat ett brett spektrum av cellulära positioneringsteknologier inom dessa nätverk. Teknologerna är primärt baserade på mätningar av trådlös signalstyrka och utbredningstid samt multilaterering/triangulering i nätverket och inkluderar: *Enhanced Cellular ID (E-CID)*, *Assisted GNSS (A-GNSS)*, *Observed Time Difference Of Arrival (OTDOA)* och *Uplink Time Difference of Arrival (UTDOA)*. Positioneringsnoggrannheten för dessa mobilnätbaserade positioneringsmetoder (inklusive A-GNSS) påverkas främst av tätheten hos nätverksantennerna som är en funktion av efterfrågan på kommunikation i olika geografiska områden. För närvarande är noggrannheten för städer från 30 m till några kilometer på landsbygden i 4G LTE-nätverk.

Kommersiellt motiverade nya användningsområden av LBS, t.ex. drönartekniken, industriell IoT (spårning av tillgångar, tillverkning etc.), autonoma fordon, augmented verklighet osv, ställer nya krav på täckning, tillförlitlighet, strömförbrukning, latens och noggrannhet för positionering i MCN. Dessa krav beräknas vara uppfyllda genom en kombination av icke-cellulära (GNSS) och cellulära tillvägagångssätt, markbundna fyrsystem (TBS), mätningar baserade på Wi-Fi och Bluetooth och tröghetsmätningar (IMU).

En ny generation av GNSS-mottagare förbättrar positioneringstekniken. Dessa mottagare kommer att kunna ta emot och kombinera signaler från flera konstellationer av kretsande satelliter (GPS, GLONASS, Galileo och Beidou) för att öka deras noggrannhet och tillgänglighet. GNSS-mottagare med dubbla band kommer att kunna korrigera för det jonosfäriska felet som orsakas av fördröjning av signalutbredning och kommer att förbättra positioneringsnoggrannheter från 2,5 meter till under 1 meter med kodbaserad positionering. Genom att tillämpa ytterligare differentiella korrigeringar på signalen via bärarfasspårning genom *Real Time Kinematic (RTK)*-metoder som stöds av Internet kommer positioneringsnoggrannheten att öka till centimeternivå. Det kommer även ske förbättringar i noggrannhet i miljö med reducerad och hindrad satellitsynlighet (urbana canyons och tunnlar) genom tröghetsensorer och död räkning.

Nästa generations mobilnätverk (5G och därefter) kommer ytterligare ge förbättringar i mobilnätbaserad positionering. Förbättringarna kommer främst att komma från större kommunikationsbandbredd vid högre frekvenser, fler antenner kombinerade till komplexa antenngrupper och tätare telekommunikationsnät. I synnerhet kommer större kommunikationsbandbredder vid högre frekvenser att minska den negativa effekten av flervägssignalutbredning i röriga stads- och inomhusmiljöer och möjliggör mer exakta mätningar av signalutbredningstid för multilateration/trianguleringsbaserad positionering. Högre frekvenser på grund av högre signalutbredningsförluster (dvs. reducerat kommunikationsområde) kommer att kräva en tätare distribution av antenner för att garantera god täckning. Riktningssmedvetna antennuppsättningar som riktar signalen mot mobilterminalen (strålförning) för att öka resursutnyttjandet och kommunikationsprestanda kommer i sin natur att öka positioneringsförmågan hos det mobila nätverket.

Slutligen kommer hybridmetoder att förbättra positioneringen, tillförlitlighet, tillgänglighet, täckning och fördröjning. Hybridmetoder kombinerar förbättrad cellulär nätverksbaserad positionering med icke-cellulär (GNSS) positionering, tröghetsmätningar och markbundna fyrbaserade system som använder kort till medellång trådlös kommunikationsteknik (exempelvis Wi-Fi och Bluetooth). Sammantaget förväntas dessa förbättringar leda till en positionsnoggrannhet på under en meter med låg latens (under 15 millisekunder).

Ett exempel på uppskattning av oskyddade trafikanter med hjälp av positionering i trådlösa nätverk ges av Malinovskiy et al. (2012). All elektronisk utrustning som kan kommunicera med Bluetooth har en individuellt unik 48-bit Media Access Control (MAC) adress. Om sensorer sätts upp på olika platser kan till exempel vägval och restider utvinnas. Malinovskiy et al. (2012) genomförde en studie för att studera fotgängares resmönster med Bluetoothsensorer. Studien använde en sensor som kan känna av Bluetooth enheter på en radie av 50 m. Sensorn testades på två platser, Montreal centrum och Seattle campus. Författarna visar att sensorn registrerade ett för lågt antal fotgängare jämfört med det verkliga antalet (5 % i Montreal och 2.25 % i Seattle). Slutsatsen som dras är att metoden kan användas i dagsläget för att undersöka generella trender. Dessutom kan restider och vistelsetider utvinnas ur data men detta kräver platser med ett högt antal fotgängare eftersom detekteringsgraden är låg. På grund av

detta och på grund av problemet med att skilja Bluetoothenheter hos bilister, cyklister och fotgängare åt, lämpar sig metoden endast för vissa specifika platser. Metoden har ytterligare problem med partisk selektion, dvs. vissa personer kan ha flera Bluetoothenheter medan andra inte har någon (Bengtsson 2019).

Platsbaserade tjänster

Enligt Gidofalvi (2019) kan LBS definieras som datorapplikationer (speciellt mobila databehandlingsapplikationer) som levererar information anpassad till enhetens och användarens plats och sammanhang (Huang et al. 2018). Även om det är svårt att bestämma antalet LBS som finns, kan man genom att analysera platstillåtelser för mobilapplikationer dra slutsatsen att från och med tredje kvartalet 2014 potentiellt en fjärdedel av de 1 miljoner mobilapplikationerna i Google Play Store var LBS (Olmstead och Atkinson 2015).

För att stödja ett rikt innehåll på ett effektivt sätt innehåller populära mobilplattformar och operativsystem (exempelvis Android, iOS och Windows) tekniker som bygger abstraktionsnivåer som program och applikationer enkelt kan använda. Följande är några av de mest relevanta teknikerna och abstraktionerna för positionering och leverans av innehåll på mobilplattformar. Med överflödet av LBS på mobila plattformar i åtanke och för att effektivt kunna utnyttja informationen från olika sensorer och användardata hanterar både plattformarna och några av mobilapplikationerna platsdata och innehåll i form av resursleverantörer. Två typer av leverantörer som är särskilt viktiga är leverantörer av plats- och aktivitetsigenkänning och transition. Olika platsleverantörer som använder några av de positioneringsteknikerna som beskrivs i avsnitten ovan tillhandahåller positionering som varierar i noggrannhet, tillförlitlighet, tillgänglighet, täckning, latens och strömförbrukning (Android 2020a). Det är platshanterarens (location manager) uppgift att utnyttja informationen från de olika platsleverantörerna optimalt för att leverera positioneringen enligt applikationens behov/krav. Eftersom positioneringsberäkningar är komplexa och kräver mycket batteritid har nyare versioner av de mobila operativsystemen infört möjligheten för applikationer att hämta platsuppdateringar från andra applikationer. I vissa versioner av operativsystem tillåter detta skapandet av mobilappar som körs i bakgrunden och som samlar platsuppdateringar jämt genom all användarapplikationsaktivitet på mobilenheten. Detta är uppenbarligen ett tydligt integritetsshot som nu har reglerats genom nya begränsningar för behörigheter som applikationen kan begära men det illustrerar enkelheten och skapandet av LBS som kan potentiellt fånga användarnas plats i stort sett när och var som helst.

Plats och positionering är bara en del av LBS; den aktivitet som användaren av den mobila enheten för närvarande utför och förändringar i dessa aktiviteter är den andra viktiga delen. För närvarande fokuserar aktiviteterna på användarens rörlighet och tillåter applikationer att samla in data över sättet att röra sig, t.ex. genom vandring, cykling eller körning (Android 2020b).

Plats och aktivitet kan härledas endast med viss noggrannhet från information och sensorer på mobilenheten. För att förbättra detaljerna och noggrannheten behövs nyare versioner av mobila operativsystemen som skickar delar av sensordata och aktivitetsinformation till mobila plattformslieferantörer, som därefter applicerar datafusion och maskininlärningstekniker för att närmare bestämma aktivitet och/eller positionsnoggrannhet. Bearbetade data skickas sedan tillbaka till den mobila enheten som mottar informationen och förbättrar noggrannheten. Den storskaliga insamlingen av platser och aktiviteter tillåter nya innovativa tjänster baserade på anonymiserad sammanställning av denna information. Ett sådant exempel är verktygen *Replica* av *Sidewalk Labs* (Bowden 2018). Bowden förklarar konceptet för Kafman (2019) som: "Replica använder realtidsdata från mobila plattformar.

Det ger en fullständig bild av all data som är mycket svåra att samla in och underhålla idag, inklusive det totala antalet människor på en motorväg eller på ett lokalt gatunätverk, vilket läge de använder (bil, transit, cykel eller fot) och deras resesyfte (pendling till arbete, shoppa, på väg till skolan).” En sådan samling och användning av mobildata möjliggör skapandet av många nya applikationer med nytta inom stadsplanering, t.ex. genom kartläggning av oskyddade trafikanters tätheter, hot- och coldspots och rörelsemönster samt exponering för olyckor. Nedan följer en sammanställning av studier som använder sig av mobila data, applikationer och positionering för resmönsteruppskattning och spårning av oskyddade trafikanter.

Crowdsourcade data och VGI

De kontinuerliga framstegen inom mobilkommunikation, positionering och datorer och algoritmer beräknas driva utveckling av både LBS och andra positionsbaserade applikationer som också kommer att öka insikten i människors rörlighet. Applikationer (mobilkommunikation och operativsystemtjänster) och viktiga aktörer inom industrin (t.ex. Google, Apple, mobilnätoperatörer) som kan övervaka rörligheten för en betydande del av befolkningen med en hög rumslig och temporär upplösning, är dock få. Samtidigt och genom tillgängligheten och den relativa användarvänligheten av molnbaserade lagrings- och dator- samt mobilplattformar kan ett antal innovativa LBS, särskilt stora geosociala medieplattformar (Facebook, Twitter, Google, Foursquare, Flickr och Instagram), fortfarande fånga en relativt stor del av befolkningens rörelse och densitet via offentliga geotaggade sociala mediaposter. Sådana geospatiala sociala medieplattformar tillhandahåller en del av denna information via öppna API:er. Även om dessa datakällor innehåller rikt semantiskt innehåll (dvs text-/mediaposter, sociala nätverksanslutningar, och posting och reposting av kommentarer, reaktioner och inlägg), är de känsliga och påverkade av befolknings- och användningsbias, dvs. endast vissa delar av befolkningen använder dessa plattformar för olika ändamål i olika sammanhang. Keßler och McKenzie (2019) utvärderar effekten av dessa påverkningar på förmågan hos dessa datakällor att fånga befolkningstäthet och finner att dessa datakällor inte är tillräckliga för en detaljerad befolkningskartläggning. I synnerhet visas det att under en månads insamling av data från sex geospatiala sociala medieplattformar i Washington DC-området under ungefär samma period, att korrelationen mellan antalet sammanlagda inlägg (179) aggregerad på kvarter och 6 507 distrikt såväl som den faktiska befolkningen (genom folkräkning) är högst $R = 0,85$ på kvarter och $R = 0,46$ på distriktsnivå. Även om dessa datakällor är fördelaktiga jämfört med folkräkning och annan registerstatistik (att de i teorin kan fånga variationen i befolkningen i den temporära dimensionen), medan det inte rapporteras av Keßler och McKenzie (2019), kan man säga att korrelationerna blir ännu svagare ju högre den temporära upplösningen bli och prognoser (t.ex. dagar, dagar-i-veckor, timmar-på-dagen). Dessa resultat indikerar att effekterna av befolkning och scenariobaserade studier samt låg samplingsfrekvens gör att sådan publik geografisk information inte är tillräcklig för att kartlägga oskyddade trafikanter.

Crowdsourcingstudier

Crowdsourcing har fått många olika definitioner i både akademisk och populär litteratur. Saxton et al. (2011) föreslår definitionen “Crowdsourcing is a sourcing model in which organizations use predominantly advanced Internet technologies to harness the efforts of a virtual crowd to perform specific organizational tasks”. En nära besläktad term till crowdsourcing är *Volunteered Geographic Information (VGI)*. Goodchild (2007) myntade termen och definierade den som ‘the widespread engagement of large numbers of private citizens, often with little in the way of formal qualifications, in the creation of geographic information’.

Misra et al. (2014) undersökte en rad olika crowdsourcingsystem inom transport och identifierade två typer av användning av crowdsourcing inom området; Datainsamling eller feedback. Crowdsourcing för feedback är system som bygger på att användaren rapporterar in specifika data. Misra et al. (2014) anger bland annat appar där man kan registrera väggorpar som exempel på feedbacksystem. Den vanligaste typen av datainsamling är cykelrutter genom diverse appar som använder sig av GPS i mobiltelefoner. Transportmyndigheten i San Francisco (USA) har utvecklat en mobil applikation som heter "CycleTracks". Användaren lagrar en cykeltur genom att trycka start och stop. Appen lagrar GPS-data under resans gång, när resan är slutförd så skickas rutt, resans syfte, datum och tid till transportmyndigheten. Utöver GPS-data har användare även möjligheten att ange ålder, kön, cykelfrekvens och hemadress (Charlton et al., 2011). Appen utvecklades för att ta fram en ruttvalsmodell för San Francisco genom att matcha GPS-rutterna till ett vägnät (Hood et al., 2011). Projektets framgång har sedermera lett till att applikationen använts i flera andra amerikanska städer (San Francisco County Transportation Authority, 2019). En fallstudie med CycleTracks genomfördes exempelvis i Austin, Texas (Hudson et al., 2012). Det främsta syftet med projektet var att visa nyttan med GPS-data från appen. I projektet utvecklades metoder för att bearbeta data från CycleTracks med ett *Geografiskt Informationssystem (GIS)*. I projektet analyserades bland annat vilka vägunderlag som föredras, vilka järnvägs korsningar som föredras, skillnader i cykelbeteende mellan män, kvinnor, pendlare och ålder. Författarna påstår att även om arbetet med att städa data, nätverkskomplettering och kartmatchning var större än förväntat är mängden information från CycleTracks betydligt mer omfattande än vad som kan åstadkommas med andra datainsamlingsmetoder. I studierna med CycleTracks i San Francisco och Texas hade man 952 respektive 300 användare, detta trots omfattande rekryteringsmetoder som aviseringar i tidningar, intervjuer på radio, samt på Facebook och Twitter. (Hood et al., 2011; Hudson et al., 2012).

Ett liknande projekt har nyligen genomförts i Lund (Trana 2019). Appen "TRavelVU" har använts för att samla data om cyklisters ruttval. Just nu pågår arbetet med att visualisera och analysera data från projektet. TRavelVU lagrar information om tid, färdmedel/aktivitet, sträcka, hastighet och resväg (Trivector 2019). (Misra et al. 2014). Det finns även möjligheten att trycka på en knapp i appen om användaren känner sig otrygg i trafiken (Trana 2019). Ett exempel på användbarheten av denna funktion är att när flera anmälningar om otrygghet kom in vid ett ställe i norra Lund så kunde förvaltningen upptäcka ett trasigt trafikljus där. TRavelVUs reklamkampanj inkluderade information på sociala medier, flyers, affischer, hemsida, tidningar. Antalet som samlade data med TRavelVU var 415st (Trana 2019). De låga antalen användare gör att man bör vara försiktig med att dra stora slutsatser från dessa och liknande studier. Detta medför även att metoden kan vara svår att använda i mindre städer då dataunderlaget blir för litet. En stor utmaning med crowdsourcing är just att få tillräckligt med användare.

Ett antal feedbacksystem brukas också i USA. Ett exempel är "Shareabouts" som är ett kartprogram utvecklat för crowdsourcing. Shareabouts används bland annat i North Carolina Alternative Bike Route Plan genom att användare röstar på rutter och markerar segment som bör undvikas. I Boston används Street Bump, en mobilapplikation som använder telefonens accelerometer för att upptäcka väggorpar och andra hinder. Data från appen hjälper staden att hitta och reparera vägskador

Jestico et al. (2016) visade ett annat alternativ för att insamling och användning av crowdsourcade data. I studien hämtades GPS-data från träningsappen "Strava" för att uppskatta cyklisters resmönster i staden Victoria (Kanada). I studien jämfördes crowdsourcad data med manuella flödesmätningar och ett linjärt samband existerade mellan dem. Studien visade att cyklister som använder träningsappen i Victoria har ett liknande resmönster till de som pendlar, dock kan resmönstret skilja sig något i landsbygdsområden. Strava är en mycket populär applikation och det laddas upp ca 2,5 miljoner rutter

per vecka. I projektet erhöles 74 679 resor från 3 650 cyklister i Victoria, detta ger ett betydligt större dataunderlag än CycleTracks eller TRavelVU. Jestico et al. (2016) påpekar två tydliga nackdelar med denna metod. Den första är att Strava tar betalt för sina data, vilket är inte alls ovanligt bland mobilföretag eller apputvecklare då data anses som det nya guldets. Den andra är att Strava är en träningsapp som används främst av atleter och data från appen representerar därför en viss typ av cyklist och kanske inte är representativt för cyklandet som helhet. En intressant slutsats som dras i studien är att ett linjärt samband kunde dras mellan crowdsourcade data och flödesmätningar. Vid en kombination av dessa metoder kanske en bra uppskattning för det totala cyklandet i städer göras (Bengtsson 2019).

Dataintegritet

Framstegen inom kapacitet för insamling, lagring, hantering och behandling av data förde vårt samhälle till Big Data-eran. Viktiga kännetecken för denna epok är att det har möjliggjorts att koppla ihop och behandla stora heterogena datamängder eller dataströmmar från olika källor. Denna tekniska förmåga har många positiva fördelar som gör att vi kan utveckla och leverera praktiska tjänster till användare och främja vår förståelse om världen. Men samma tekniska förmåga utgör allvarliga hot mot integriteten. Detta hot mot integriteten illustrerades först i Samarati och Sweeney (1998). I artikeln visas att enskilda rader i känsliga datakällor, som till exempel patientdata, som är naivt anonymiserade kan via så kallade kvasi-identifierare (i detta fall en kombination av en patients 5-siffriga amerikanska postnummer, födelsedatum och kön) med säkerhet eller mycket hög sannolikhet kopplas till individer i offentligt tillgängliga datakällor, till exempel röstlängder. Medan Samarati och Sweeney (1998) föreslog några allmänna tekniker såsom generalisering av attributvärden och hemlighållanden, öppnade deras arbete i själva verket Pandoras ask genom att lyfta fram ett problem som gav upphov till nya stora forskningsområden inom dator- och informationsvetenskap som integritetsskydd, medveten databehandling och utvinning av kunskap samt bevarande av integritetsskydd gällande rörelsedata. Med ökningen av Big Data fick dessa områden uppmärksamheten från tusentals forskare som sprider sina resultat i dussintals tidskrifter och konferenser varje år. Trots all forskning som är inriktad mot dataintegritet är frågan om skydd av personliga data ännu inte besvarad, särskilt när det gäller positioneringsdata. Kärnan av integritetsproblem i rörelsedata är följande: Individens liv innehåller många självkorrelationer i tid och rum. Detta gör det möjligt för en angripare att extrahera personliga intressepunkter (POI) som individers hem, arbete/skola, dagvård etc. Dessa data kan sedan användas i angrepp genom att länka andra uppgifter till en individ genom personliga POI-besök som spatio-temporära kvasiidentifierare. Data som kan kombineras åt är t.ex. geospaciala telefonböcker, kreditkortsinformation, inlägg i sociala medier etc. för att knyta en identitet till all data som sparades. Därefter kan angriparen följa varje rörelse hos individen som är kopplad till den digitala profilen och det kan upptäckas känslig information om användaren, till exempel de platser som användaren besöker och de personer som användaren möter. DataMap (2020) illustrerar utvidgningen av datadelning inom hälsodomänen och belyser därmed allvarligheten av integritetsrisker i Big Data-eran.

Medan sekretessbevarandet av positionerings- och rörelsedata är en olöst forskningsfråga kan integritetshotet minskas avsevärt om man effektivt lyckas klippa en användares positioneringsdata i många korta delar eller enskilda tidsstämplade platser. Detta försvarar det för kvasiidentifierarna att koppla ihop personlig information. En sådan modifiering av positioneringsdata förstör värdefull information om användarens rörlighet men kan vara en legitim process om den personliga integriteten ska bevaras. Det är dock möjligt att rumsligt kombinera de enskilda bitarna för att beräkna tidsvarierande befolkningstätheter. Ett problem med detta tillvägagångssätt är att mobila enheter måste identifiera sig själva till det trådlösa kommunikationsnätverket (t.ex. MCN, nätverk av Bluetooth-beacons eller Wi-Fi-åtkomstpunkter) så att rätt information är dirigeras till rätt enhet om man vill vara uppkopplad och använda sig av trådlös kommunikation. Detta har traditionellt gjorts via fasta fysiska enhetsadresser

(MAC-adress, Bluetooth-enhetsadress) och relaterade nätverksprotokoll. För att undvika spårning av enhetsadresser under efterföljande kommunikation har nyligen presenterade tekniker för upprätthållanden av sekretess föreslagits och använts där mobila enheter identifierar sig i nätverket via en periodvis förnyad dynamisk mjukvaru-enhetens adress. Men som det framgår av Becker et al. (2019) kan inte ens sådana tekniker skydda mot alla attacker.

Även om det inte finns någon skottsäker teknisk lösning för integritetsskydd, skyddar idag en omfattande och komplex uppsättning regler för dataskydd (General Data Protection Regulation (GDPR) och tillhörande lagstiftning) mot integritetshot. Enligt dessa regler och lagstiftning kan tillsynsmyndigheten för dataskydd ålägga administrativa böter eller ersättningsutbetalningar för olaglig behandling av personuppgifter. Definitionen av personuppgifter i detta sammanhang är omfattande och inkluderar exempelvis rörelsedata. För att undvika en sådan överträdelse och påföljder borde databehandlaren 1) ha en rättslig grund (legitimt syfte och anledning) för behandlingen, 2) har tydligt informerat den registrerade om vilka data som behandlas, hur informationen bearbetas och är upplyst om nödvändigheten att hantera personliga data 3) tillämpar lämpliga åtgärder för integritetsskydd och genomför lämpliga åtgärder för att göra det möjligt för den registrerade att utöva sina rättigheter (t.ex. ta bort personlig information). I en värld med ständigt växande potentiella integritetshot och integritetsskyddstekniker återstår det att se hur lagar och förordningar kommer att tolkas. Läsaren hänvisas till NOESIS (2019d) för en omfattande sammanfattning av "Lagar, förordningar och direktiv om datas integritet, säkerhet och öppenhet" när det gäller Big Data i transportapplikationer.

Slutsatser

Vår granskning av den internationella litteraturen visar att man enbart i ett fåtal studier använts sig av faktiska exponeringsdata i studier av geografiska skademönster bland oskyddade trafikanter. Enbart en studie visade ha använt crowdsourcade data för att mäta exponeringsmönster, men de använde enbart dessa för att validera det indirekta mått på exponering som de istället använde i sina analyser. De flesta metoder som bygger på direkt uppskattning av trafikanter i rörelse (t.ex. genom att räkna cyklister) kan vara svåra att generalisera eftersom detta vanligtvis görs på specifika platser eller under vissa tider och på ett icke-heltäckande sätt över vägnätet. Att använda sig av resedatamodeller för att uppskatta exponering på vägsegmentnivå kan vara ett genomförbart tillvägagångssätt, vilket framgår av flera studier som analyserats. Detta kan dock kräva lokala reseundersökningsdata (som kan vara otillgängliga i mindre städer) och chansen är stor att fel introduceras i uppskattningsmodeller. Detta kan ändå vara ett genomförbart alternativ om geokodade resedata är tillgängliga för modellering.

De traditionella metoderna som används för att uppskatta fordonstrafiken med flödesmätningar har visat sig vara problematiska för uppskattningar av oskyddade trafikanters resmönster. Det finns bra teknik tillgänglig som kan utföra mätningar på såväl fotgängare som cyklister men tekniken används i allt för liten utsträckning för att idag ge ett bra dataunderlag för uppskattningar med stickprovsmodeller. Fotgängares resmönster kan även vara svåra att beskriva med stickprovsmodeller då det är svårt att definiera vägnätet för fotgängare. Resvaneundersökningar framstår som en metod som genomförs ofta på olika geografiska nivåer. Skillnader i genomförande och kvalitet mellan olika undersökningar gör jämförelser svåra. Flera studier har dessutom visat att resvaneundersökningar generellt underskattar mängden cyklister och fotgängare. Data från dessa undersökningar kan dock användas för att göra enkla uppskattningar med sketchplaneringsmodeller, som är relativt enkla att genomföra på bekostnad av noggrannhet i skattningarna. Bluetoothsensorer är en metod som har begränsade tillämpningsmöjligheter. De kräver specifika förhållanden och verkar inte vara ett bra verktyg för att undersöka generella resmönster. Flera studier har genomförts på data från låncyklar som tyder på att det kan vara en användbar metod för att samla data och undersöka resmönster i städer. Det är dock endast ett fåtal städer i Sverige som har tillgång till låncyklar, dessutom kan metoden vara partisk då den inte fångar hela cykelpopulationen. Metoden har även det problemet att den givetvis inte kan tillämpas på fotgängare. Modeller av typen aggregerad efterfrågan är relativt lätta att genomföra, problemet är att de tenderar att vara områdesspecifika vilket innebär att färdigutvecklade modeller inte kan användas med optimalt resultat. Varje stad skulle behöva ta fram sina egna specifika variabler och även där är osäkerheten i resultatet stor på grund av omätbara faktorer. Crowdsourcing framstår som bra och billigt framtidsalternativ, och det projekt som genomfördes i Lund är en intressant startpunkt. Det krävs ytterligare validering av crowdsourcade resvane-data för att få svar på hur väl dessa data representerar populationen som helhet och här kan möjligtvis flödesmätningar vara ett bra verktyg. De stora problemen som uppmärksammats i de studier som granskats i litteraturstudien är brist på användare. För att få ett bra resultat krävs ett system med många användare från olika användargrupper. Trots problematiken med crowdsourcing kan metoden ge mycket bra positioneringsdata genom GPS som är annars svårt att få tag i. Förutom brist på användare finns även andra allvarliga begränsningar med denna typ av datainsamling. Inte minst så är det integritetsinskränkande, och efter att GDPR har trätt ikraft innebär detta att denna typ av datainsamling har blivit svår genomförd eftersom det krävs att samtycke inhämtas. Dessa data ägs även ofta av nätverksoperatörer och företag, och skulle således inte vara lättillgängliga i nuläget även om integritetsfrågan inte skulle vara ett problem. Ett till problem med användargenererade data är att de inte representerar hela samhället utan endast vissa grupper som använder sig av respektive teknologi.

För att uppskatta resmönstren hos oskyddade trafikanter är idag flödesmätningar den mest välanvända metoden i Sverige. Nackdelen med metoden är att många mätningar måste genomföras för att få ett godkänt resultat. Detta kan medföra kostnader i form av teknik och arbetstid som vissa städer kanske inte är villiga att ta. Dessutom har det visat sig vara problematiskt att mäta fotgängare. Crowdsourcingappar så som TravelVU kan bli ett effektivt framtidsalternativ men fler studier inom området krävs. Om data från crowdsourcing eller lånecyklar kan valideras i framtida studier med till exempel flödesmätningar kan metoderna på allvar tänkas som alternativ. Flertalet av metoder som påträffats under arbetet intresserar sig endast av cyklister. Det verkar inte som forskning om metoder att uppskatta fotgängares rörelsemönster utförts i samma utsträckning. Metoder som lånecyklar är exempelvis inte applicerbara på fotgängare. Inga studier har hittats som har försökt att crowdsourca fotgängare på samma sätt som cyklister. Flödesmätningar genomförs i betydligt mindre utsträckning på fotgängare jämfört med cyklister och de verkar som en större utmaning att genomföra lyckade mätningar av fotgängare. Framtida studier och forskning som inriktas just på fotgängares rörelsemönster krävs för att få en bra lösning på problemet.

Ny teknik för spårning av oskyddade trafikanter genom platsbaserade tjänster och telekommunikationsnätverk verkar som en lovande och framtidsinriktad metod. Den tekniska utvecklingen pågår med hög hastighet och mera data med bättre noggrannhet kan förväntas framöver. Nuvarande hinder för obegränsad användning av mobila data är för det första personlig integritet enligt dataskyddsförordningen GDPR. Lagring, analys och publicering av personliga kräver personers godkännande. Ett till problem är i dagsläge selektionsbias eftersom endast en del av befolkningen använder sig av smarta mobila enheter och en ännu mindre del bidrar medvetet och aktivt till datainsamlingen genom LBS. En till svårighet gällande implementering av spårning genom mobilteknologi eller datanätverk (Bluetooth/Wi-F) i dagsläge är en motvillighet av dataägare att kostnadsfritt dela med sig data vilket som skulle behövas för att analysera positionsdata för att etablera och validera rörelse- och exponeringsmönster. Noggranna och kostnadseffektiva tekniska lösningar för spårning och exakt positionering och datautvärdering/klassificering finns redan idag och eftersom begränsningar ligger i människors inställningar och regler som troligtvis kommer mjukas upp tidigare eller senare anser vi att framtiden ligger i insamling och analys av individuella rörelsebanor och -mönster.

Sammanfattningsvis kan man säga är data från MCN och LBS en stor potential att tillhandahålla exakta, detaljerade, tidsvarierande, och även realtidsinformation gällande den rumsliga fördelningen av oskyddade trafikanter på grund av den ökande användningen, de allmänt tillgängliga och tekniska framstegen inom mobil- och nätverkskommunikationsteknologi och relaterade förbättringar av positioneringsförmågan. Redan idag tjänar nyckelpersoner med tillgång till befolkningens mobilitetsinformation på dessa möjligheter (t.ex. Bowden, 2018; Kafman, 2019; Telia Crowd Insights, 2018). Medan andra, mer lätt- och allmänt tillgängliga datakällor i form av crowdsourcade data och VGI är lockande alternativ, tyder forskningsresultaten dock på att det kan finnas problem med sådana dataunderlag. Låga samplingsfrekvenser och scenario- och befolkningsbias gör att sådana informationskällor inte är tillräckliga för att kartlägga oskyddade trafikanter. Samtidigt som framstegen i kapacitet för insamling, lagring, hantering och bearbetning av data möjliggör legitim insamling och utvinning av användbar information om mänsklig rörlighet, måste vi inse att samma kapacitet kan utgöra allvarliga hot mot vår integritet. Även om forskning om integritetsskydd är mycket aktiv, är det osannolikt att vi kommer att ha skottsäkra lösningar inom en snar framtid med den fortsatta utvecklingen av positioneringsavkänning och kommunikationsteknologi i åtanke. Den snabba utvecklingen av nya hot mot vår personliga identitet och integritet går hand i hand med integritetsskyddstekniker och ser vi ännu inte hur nya lagar och förordningar kring dataskydd kommer tolkas och hur de kommer att skydda

oss mot hot eller hur de kommer att begränsa vår åtkomst till många positiva användningar som tillåter oss att tillhandahålla praktiska tjänster till användare och förbättra vår förståelse om världen, inklusive kunskap om människors rörlighet och oskyddade trafikanter.

Spridning och implementering av resultatet

Resultaten och rapporten kommer att delas med våra medarbetare på ämnesnivå och inom centrumbildningar samt med intresserade personer på institutionsnivå och inom lärosätet. Rapporten kommer även delas med andra forskare om innehållet bedöms relevant för deras forskningsverksamhet. Rapporten, arbetssättet och resultaten kommer även bli en del inom undervisning, t.ex. som utgångspunkt för examensarbeten. Projektet kommer nämnas/presenteras i interna forskningsseminarier och ämnesmöten.

En vetenskaplig publikation i en internationell tidskrift planeras.

Summering av de viktigaste fynden

Traditionell uppskattning av rörelsemönster och exponering sker ofta genom statistiska och plats specifika modeller. Det finns mycket heterogenitet bland undersökta oskyddade trafikantgrupper vilket medför problem gällande generalisering, metodjämförelser eller resultatvalidering. Insamlingsmetoder, färdmedel, plats, tidpunkt och egenskaper hos trafikanter och samhällen varierar till så stora grader att 1:1 jämförelser är näst intill omöjliga.

De vanligaste och hittills någorlunda framgångsrika metoderna för att uppskatta oskyddade trafikanters rörelsemönster i bruk i Sverige är resvaneundersökningar och direkt uppskattning av trafikanter i rörelse i form av flödesmätningar genom manuell räkning, pneumatiska slingor, induktionsslingor, infraröda sensorer, fiberoptiska kablar eller piezoelektriska, radio, värme, laser och magnetiska sensorer eller videoövervakning. Dessa metoder är platsbundna och inte sällan kostsamma. Mycket mer fokus ligger i dagsläge på kartläggning av cyklister i rörelse jämfört med fotgängare. Detta beror kanske på att ovan nämnda metoder lämpar sig bättre för cyklister. En ny intressant metod som implementerades är uppskattning genom GPS-utrustade låncyklar som finns numera i många större städer.

Framtida uppskattningar lutar mot utvärdering av mobila rörelsedata antingen genom platsbaserade tjänster i mobila enheter, exempelvis frivilliga appar eller genom spårning via telekommunikationsnätverk eller liknande (Bluetooth, GNSS-baserad positionering). Trots att tekniken är på plats idag uppstår hinder vid metodimplementering som rör personlig integritet och datatillgång. En nackdel med denna metod är att bara en del av befolkningen nås och att speciellt sårbara (äldre och barn) som inte är utrustade med smart teknologi riskeras att uteslutas.

Referenser

Android (2020a). *Location manager*.

<https://developer.android.com/reference/android/location/LocationManager> [2020-01-25].

Android (2020b). *Detect when users start or end an activity*.

<https://developer.android.com/guide/topics/location/transitions> [2020-01-25].

Aultman-Hall, L., Lane, D., & Lember, R. R. (2009). Assessing Impact of Weather and Season on Pedestrian Traffic Volumes. *Transportation research record*, 2140(1), 35-43.

Austwick, M. Z., O'Brien, O., Strano, E., & Viana, M. (2013). The structure of spatial networks and communities in bicycle sharing systems. *PloS one*, 8(9).

Barnes, G., & Krizek, K. (2005). Estimating bicycling demand. *Transportation Research Record*, 1939(1), 45-51.

Becker, J. K., Li, D., & Starobinski, D. (2019). Tracking Anonymized Bluetooth Devices. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*, 2019, 50-65.

Bengtsson, J. (2019). Metoder för uppskattning och kartläggning av oskyddade trafikanters resmönster. *Bachelor Thesis*. Department of Environmental and Life Sciences, Karlstads universitet, Karlstad. URN: urn:nbn:se:kau:diva-75233. OAI: oai:DiVA.org:kau-75233. DiVA, id: diva2:1360227.

Bowden, N. (2018). *Introducing Replica, a next-generation urban planning tool*.

<https://www.sidewalklabs.com/blog/introducing-replica-a-next-generation-urban-planning-tool/> [2020-01-25].

Brandenburg, C., Matzarakis, A., & Arnberger, A. (2007). Weather and cycling—a first approach to the effects of weather conditions on cycling. *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling*, 14(1), 61-67.

Bu, F., Greene-Roesel, R., Diogenes, M. C., & Ragland, D. R. (2007). *Estimating pedestrian accident exposure: automated pedestrian counting devices report*. Safe Transportation Research and Education Center. Berkeley, CA, USA.

Buehler, R., & Pucher, J. (2017). Trends in walking and cycling safety: recent evidence from high-income countries, with a focus on the United States and Germany. *American journal of public health*, 107(2), 281-287.

Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Roberts, I., & Wentz, R. (2003). Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Injury prevention*, 9(3), 200-204.

Carpenter, C. S., & Stehr, M. (2008). The effects of mandatory seatbelt laws on seatbelt use, motor vehicle fatalities, and crash-related injuries among youths. *Journal of health economics*, 27(3), 642-662.

- Ceccato, V., & Willems, O. (2019). Temporal and spatial dynamics of falls among older pedestrians in Sweden. *Applied geography*, 103, 122-133.
- Charlton, B., Sall, E., Schwartz, M., & Hood, J. (2011). Bicycle route choice data collection using GPS-enabled smartphones. In: *Transportation Research Board 90th Annual Meeting, 23-27 January 2011*.
- Cummings, P., McKnight, B., Rivara, F. P., & Grossman, D. C. (2002). Association of driver air bags with driver fatality: a matched cohort study. *Bmj*, 324(7346), 1119-1122.
- Davis, G. A., & Wicklatz, T. (2001). Sample-based estimation of bicycle miles of travel (BMT).
- Dowds, J., & Sullivan, J. (2012). Applying a vehicle-miles of travel calculation methodology to a county-wide calculation of bicycle and pedestrian miles of travel. In: *Transportation Research Board Annual Meeting*.
- Dozza, M. (2017). Crash risk: How cycling flow can help explain crash data. *Accident Analysis & Prevention*, 105, 21-29.
- Elliott, P., & Wartenberg, D. (2004). Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. *Environmental health perspectives*, 112(9), 998-1006.
- Elvik, R. (2003). Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: review of evidence from non-US studies. *Transportation Research Record*, 1847(1), 1-10.
- Eriksson, J., Liu, C., Forward, S., Forsman, Å., Niska, A., Tapani, A., & Wallén Warner, H. (2017). *Säkerhetseffekten av ökat cyklande: kartläggning av nuläget för att planera för framtiden*. Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI rapport 951.
- Freeman, D. G. (2007). Drunk driving legislation and traffic fatalities: new evidence on BAC 08 laws. *Contemporary Economic Policy*, 25(3), 293-308.
- García-Altés, A., & Pérez, K. (2007). The economic cost of road traffic crashes in an urban setting. *Injury prevention*, 13(1), 65-68.
- Gidofalvi, G. (2019). Trajectory and Mobility Based Services: A Research Agenda. In: *15th International Conference on Location-Based Services* (p. 123).
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Griffin, G., Nordback, K., Götschi, T., Stolz, E., & Kothuri, S. (2014). Monitoring bicyclist and pedestrian travel and behavior: current research and practice. *Transportation Research Circular*, (E-C183).
- Haagsma, J. A., Graetz, N., Bolliger, I., Naghavi, M., Higashi, H., Mullany, E. C., ... & Ameh, E. A. (2016). The global burden of injury: incidence, mortality, disability-adjusted life years and time trends from the Global Burden of Disease study 2013. *Injury prevention*, 22(1), 3-18.

- Hamann, C. J., & Peek-Asa, C. (2017). Examination of adult and child bicyclist safety-relevant events using naturalistic bicycling methodology. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 1-11.
- Hasani, M., Jahangiri, A., Sener, I. N., Munira, S., Owens, J. M., Appleyard, B., ... & Ghanipoor Machiani, S. (2019). Identifying high-risk intersections for walking and bicycling using multiple data sources in the city of San Diego. *Journal of advanced transportation*, 2019.
- Hjelkrem, O. A., & Giaever, T. (2009). A comparative study of bicycle detection methods and equipment. In: *16th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and ServicesITS AmericaERTICOITS Japan*.
- Hood, J., Sall, E., & Charlton, B. (2011). A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. *Transportation letters*, 3(1), 63-75.
- Huang, H., Gartner, G., Krisp, J. M., Raubal, M., & Van de Weghe, N. (2018). Location based services: ongoing evolution and research agenda. *Journal of Location Based Services*, 12(2), 63-93.
- Hudson, J. G., Duthie, J. C., Rathod, Y. K., Larsen, K. A., & Meyer, J. L. (2012). *Using smartphones to collect bicycle travel data in Texas (No. UTCM 11-35-69)*. Texas Transportation Institute. University Transportation Center for Mobility.
- Hyde-Wright, A., & Krista Nordback PHD, P. E. (2014). Counting bicyclists with pneumatic tube counters on shared roadways. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 84(2), 32.
- Jestico, B., Nelson, T., & Winters, M. (2016). Mapping ridership using crowdsourced cycling data. *Journal of transport geography*, 52, 90-97.
- Jonsson, T., Koglin, T., Lindelöw, D., & Nilsson, A. (2011). *Effektsamband för gående och cyklisters säkerhet-litteraturstudie*. Bulletin 260/3000. Trafik och väg, Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola.
- Kalogianni, E., Sileryte, R., Lam, M., Zhou, K., Van der Ham, M., Van der Spek, S., & Verbree, E. (2015, June). Passive wifi monitoring of the rhythm of the campus. In: *Proceedings of The 18th AGILE International Conference on Geographic Information Science* (pp. 1-4).
- Karlsson, M. (2000). *Samband mellan cykelflöde och väderobservationer*. Statens väg-och transportforskningsinstitut, VTI meddelande 904.
- Keßler, C., & McKenzie, G. D. (2019). Consistency Across Geosocial Media Platforms. In: *15th International Conference on Location-Based Services* (p. 213).
- Kidarsa, R., Pande, T., Vanjari, S. V., Krogmeier, J. V., & Bullock, D. M. (2006). Design considerations for detecting bicycles with inductive loop detectors. *Transportation research record*, 1978(1), 1-7.
- Kofman, A. (2019). Google's Sidewalk Labs Plans to Package and Sell Location Data on Millions of Cellphones. *The Intercept*, 9.
- Kröyer, H., Eriksson, J., & Forsman, Å. (2017). *Cykling under vintermånaderna: förstudie om exponering*. Rapport 1053, Lunds Universitet.

- Kuzmyak, J. R., Walters, J., Bradley, M., & Kockelman, K. M. (2014). *Estimating bicycling and walking for planning and project development: A guidebook* (No. Project 08-78).
- Lindelöw, D. (2009). *Strategier för ett ökat gående och cyklande – en litteraturstudie om olika faktorerens betydelse*. Bulletin 249/3000. Trafik och väg, Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola.
- Lu, S., & Bartlett D. (2020). How Will 5G Networks Improve Location Awareness? <https://www.allaboutcircuits.com/industry-articles/how-will-5g-networks-improve-location-awareness/> [2020-01-25].
- Malinovsky, Y., Saunier, N., & Wang, Y. (2012). Analysis of pedestrian travel with static bluetooth sensors. *Transportation research record*, 2299(1), 137-149.
- Malm, S., Krafft, M., Kullgren, A., Ydenius, A., & Tingvall, C. (2008). Risk of permanent medical impairment (RPMI) in road traffic accidents. In: *Annals of Advances in Automotive Medicine/Annual Scientific Conference* (Vol. 52, p. 93). Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- Menghini, G., Carrasco, N., Schüssler, N., & Axhausen, K. W. (2010). Route choice of cyclists in Zurich. *Transportation research part A: policy and practice*, 44(9), 754-765.
- Misra, A., Gooze, A., Watkins, K., Asad, M., & Le Dantec, C. A. (2014). Crowdsourcing and its application to transportation data collection and management. *Transportation Research Record*, 2414(1), 1-8.
- Mullan, E. (2013). Exercise, weather, safety, and public attitudes: A qualitative exploration of leisure cyclists' views on cycling for transport. *Sage open*, 3(3), 2158244013497030.
- Niemeier, D. A. (1996). Longitudinal analysis of bicycle count variability: Results and modeling implications. *Journal of transportation engineering*, 122(3), 200-206.
- Niska, A., Nilsson, A., Wiklund, M., Ahlström, P., Björketun, U., Söderström, L., & Robertson, K. (2010). *Metoder för skattning av gång-och cykeltrafik: kartläggning och kvalitetsbedömning*. Statens väg-och transportforskningsinstitut.
- NOESIS (2019a). Project website of NOESIS (Novel Decision Support tool for Evaluating Strategic Big Data investments in Transport and Intelligent Mobility Services). <http://noesis-project.eu/> [2020-01-25].
- NOESIS (2019b). Project results of NOESIS. <https://noesis-project.eu/results/> [2020-01-25].
- NOESIS (2019c). Project press release: "Big Data, Big Money, Big Benefits?" <https://noesis-project.eu/big-data-big-money-big-benefits/> [2020-01-25].
- NOESIS (2019d). Deliverable D4.1 - Summary to practitioners on Laws, Regulations, and Directives on Data Privacy, Security and Openness. <https://drive.noesis-project.eu/index.php/s/pj9G6XmMwLO6vAC> [2020-01-25].
- Nordback, K., & Sellinger, M. (2014). *Methods for estimating bicycling and walking in Washington state* (No. WA-RD 828.1). Washington (State). Dept. of Transportation. Research Office.

- Nordaback, K. & Sellinger, M. (2017). *Estimating Walking and Bicycling at the State Level*. Portland, Oregon: Transportation Research and Education Center.
- Olmstead, K., & Atkinson, M. (2017). *Apps permissions in the Google Play store*. Pew Research Center.
- Palmberg, R. C. O. (2019). *Enriching Automated Travel Diaries Using Biometric Information* (Licentiate dissertation). KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-262880> [2020-01-25].
- Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Tainio, M., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2011). The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *Bmj*, 343, d4521.
- Rylander, R. G., Propst, D. B., & McMurtry, T. R. (1995). Nonresponse and recall biases in a survey of traveler spending. *Journal of Travel Research*, 33(4), 39-45.
- Ryus, P., Ferguson, E., Laustsen, K. M., Schneider, R. J., Proulx, F. R., Hull, T., & Miranda-Moreno, L. (2014). *Guidebook on pedestrian and bicycle volume data collection* (No. qt11q5p33w). Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.
- Samarati, P. & Sweeney, L. (1998). k-anonymity: a model for protecting privacy. *Proceedings of the IEEE Symposium on Research in Security and Privacy (S&P)*. May 1998, Oakland, CA.
- San Francisco County Transportation Authority (2019). Cycletracks for iPhone and Android [2019-05-08].
- Saxton, G. D., Oh, O., & Kishore, R. (2013). Rules of crowdsourcing: Models, issues, and systems of control. *Information Systems Management*, 30(1), 2-20.
- Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., Van Wee, B., & Wegman, F. (2014). A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 331-340.
- Schneider, R. J., Arnold, L. S., & Ragland, D. R. (2009). Pilot model for estimating pedestrian intersection crossing volumes. *Transportation research record*, 2140(1), 13-26.
- Schneider, R. J., Henry, T., Mitman, M. F., Stonehill, L., & Koehler, J. (2013). Development and application of the San Francisco pedestrian intersection volume model. *Transportation Research Record*, 2299, 1.
- Singh, H., Fortington, L. V., Thompson, H., & Finch, C. F. (2016). An overview of geospatial methods used in unintentional injury epidemiology. *Injury epidemiology*, 3(1), 32.
- Soole, D. W., Watson, B. C., & Fleiter, J. J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, 54, 46-56.
- Telia Crowd Insights (2018). Movement patterns within the Helsingborg area.
<https://public.tableau.com/profile/telia.crowd.insights6090#!/vizhome/HelsingborgKommunReseanalys/DataDashboard> [2020-01-31].

Thakuria, P., Cottrill, C., Thomas, N., & Vaughn, S. (2010). A sketch planning methodology for determining interventions for bicycle and pedestrian crashes: an ecological approach. In: *Transportation Research Board Annual Conference*. Washington, DC, USA, Januari 2010.

TheDataMap (2020). <https://thedatamap.org/> [2020-01-25].

Thulin, H. (1998). *Resvanor och risker i Blekinge*. Statens väg-och transportforskningsinstitut, VTI meddelande 837.

Trafikverket (2018). *Det här är Nollvisionen*. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/Trafiksakerhet/det-har-ar-nollvisionen/> [2019-05-07].

Trafikanalys (2017). *Resvanor*. [2019-03-14].

Trafikverket (2015). *Vägtrafik- och Hastighetsdata*. <https://www.trafikverket.se/tjanster/trafiktjanster/Vagtrafik--och-hastighetsdata/> [2019-04-08].

Trana, A. (2019). *Smart cykeldata ger helt ny kunskap för trafikplanerare*. *Kart och Bildteknik* 2019:1.

Trivector (2019). *TRavelVU – appen som detekterar resor* <https://www.trivector.se/it-system/programvaror/travelvu/> [2019-07-30].

Vaa, T., Penttinen, M., & Spyropoulou, I. (2007). Intelligent transport systems and effects on road traffic accidents: state of the art. *IET Intelligent Transport Systems*, 1(2), 81-88.

van Beeck, E. F., Borsboom, G. J., & Mackenbach, J. P. (2000). Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962–1990. *International journal of epidemiology*, 29(3), 503-509.

Vägverket (2008). *Vägverkets metodbeskrivning för mätning av cykelflöden*. Publikation 2008:48, Vägverket, Borlänge.

World Health Organization. (2015). *Global status report on road safety 2015*. World Health Organization.

Wright, N., & Lee, L. T. (2017). New Evidence on the Causal Impact of Traffic Safety Laws on Drunk Driving Fatalities. *Available at SSRN 3069811*.

Xu, X., Xie, S., Wong, S. C., Xu, P., Huang, H., & Pei, X. (2016). Severity of pedestrian injuries due to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong: a Bayesian spatial logit model. *Journal of advanced transportation*, 50(8), 2015-2028.

Zhou, X. (2015). Understanding spatiotemporal patterns of biking behavior by analyzing massive bike sharing data in Chicago. *PloS one*, 10(10).

Öberg, G. (2011). *Skadade fotgängare: fokus på drift och underhåll vid analys av sjukvårdsregistrerade skadade i STRADA*. Statens väg-och transportforskningsinstitut.

Bilaga 1: Extraherade data från artiklar som inkluderades i den internationella litteraturstudien

Författare (år)	Olyckstyp	Syfte	Land/region	Rumslig upplösning	Exponeringskvantificering	Dataälla exponering	Kommentarer	Kontinent
Poulos et al. (2012)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Kartläggning	New South Wales, Australien	Lokalt område (n = 175)	Befolkning	Befolkningsstatistik	Nämner som observerade skillnader kan bero på variationer i exponering	Nordamerika
Schuurman et al. (2009)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys & identifiering av rumsliga riskfaktorer	Vancouver, Kanada	Vägsegment	Ingen	N/A	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Statter et al. (2011)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys & identifiering av rumsliga riskfaktorer	Chicago, USA	Punkter	Ingen (befolkningsstäthet som förklaringsvariabel)	Befolkningsstatistik	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
DiMaggio (2015)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Spatio-temporal analys för prioritering	New York City, USA	Censustrakt (små områden)	Befolkning (med fordonstrafikvolym som förklaringsvariabel)	Befolkningsstatistik (fordonstäthet: https://www.nymtc.org/Data-and-Modeling/New-York-Best-Practice-Model-NYBPM/Model-Background)		Nordamerika
Weiner & Tepas (2009)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys	Jacksonville, Florida, USA	Punkter	Ingen	N/A		Nordamerika
Lawrence et al. (2015)	Krock (cyklister/fordon)	Hotspot/klusteranalys & spatio-temporal analys för identifikation av ställen med negativa trender (för ytterligare fallstudier)	Melbourne, Australien	Punkter	Ingen	Notering: Antalet cyklister vid identifierade platser efter kartläggning	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Australien
Slaughter et al. (2014)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Hotspot/klusteranalys	New York City, USA	Punkter	Ingen		Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Chakravarthy et al. (2010)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	En county i Kalifornien, USA	Censustrakt (små områden)	Befolkning	Befolkningsstatistik		Nordamerika
Cinnamon et al. (2011)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys	Vancouver, Kanada	Vägsegment	Ingen	Notering: observerade antalet fotgängare och fordon vid identifierade platser efter kartläggning	Samlade data om överträdelser på identifierade platser	Nordamerika
Dissanayake et al. (2009)	Krock (fotgängare/fordon)	Klusteranalys/Identifiering av rumsliga riskfaktorer (specifikt markanvändningsmönster)	Newcastle upon Tyne, UK	Punkter/wards (små områden)	Ingen	Notering: härleder exponeringsnivåer kvalitativt från markanvändningstyper, men inte kvantitativt		UK
Hijar et al. (2003)	Krock (fotgängare/fordon)	Kartläggning	Mexiko City, Mexiko	Distrikt, kvarter och vägsegment	Befolkning	Befolkningsstatistik. Notering: hotspots observerades/filmades efter kartläggning men ingen exponeringsdatainsamling	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Centralamerika
Morceney & Cloutier (2006)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys	Montreal, Kanada	Punkter	Ingen (för den geografiska analysen)	Notering: studien använder befolkningsdata för aggregerade analyser	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Paulozzi	Krock (fotgängare/fordon)	Kartläggning	USA	Delstat	Befolkning	Befolkningsstatistik	Nämner brist på	Nordamerika

(2006)							exponeringsdata som begränsning	
Benedek et al. (2015)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys	Cluj-Napoca, Rumänien	Vägsegment	Endast för personbilar	Personbilekvivalent per timme, från en lokal databas		Europa
Medury & Grembek (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klusteranalys (metodutveckling)	Kalifornien, USA	Vägsegment	Ingen			Nordamerika
Papadimitriou (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Metodutveckling, exponeringsmätning	Aten, Grekland	Vägsegment	Modellering av fotgängarnas korsningsbeteende vid vägsegment, används för att härleda riskexponering i kombination med trafikvolymdata	Routledge estimator, modifierad med undersökningsdata och observationer på plats. Endast användbart vid krockar mellan fordon och person	Verkar som kostsamma data som samlas in, inte lätt skalbara	Europa
Dozza (2016)	Skadade cyklister (fall & krock)	Icke-rumslig skaderisikpidemiologi. Rumslig matchning mellan krockar m h a GIS, ingen rumslig analys	Göteborg, Sverige	N/A	Antalet passerande cyklister	11 stationer på cykelfält med intensiv cykeltrafik. Mäter passerande cyklister och sparar data var 15:e minut	Noterar att mopeder troligen är registrerade som cyklister, men få mopeder förekommer så att påverkan sannolikt är liten.	Europa
Amoh-Gyimah et al. (2016)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Kartläggning/hotspotanalys/intifiering av rumsliga riskfaktorer	Melbourne, Australien	Litet område (befolkning mellan 3,000 till 25,000)	Log av % pendlare (cykel/fotgängare) som kovariat	Censusdata tillgängliga för varje litet område		Australien
Guo et al. (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Hong Kong	Vägsegment aggregerad i nätverk (zoner)	Log av fotgängareaktivitet som kovariat	Resvaneundersökning med rapportering av egna resor till fots ("trip generations, trip attractions & internal pedestrian activities") per nätverk		Asien
Hamann & Peek-Asa (2017)	Cykelkrock/nära krock/fel/överträdelser	Naturalistisk studie (n = 20); kartläggning bara för visualiseringens skull	Johnson County, Iowa, USA	Punkter	100 min cyklande	Kamera med GPS monterad på hjälmen. Används endast för aggregerade analyser - inte kopplat till rumsliga data		Nordamerika
Lee et al. (2017)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Modellering av krockprediktion	Florida, USA	Korsningar	Andel pendlare som cyklar eller går (som proxy)	Censusdata på makronivå (högre i hierarkin än segment i mixed-effekt modeller)		Nordamerika
Chen et al. (2017)	Krock (cyklister/fordon)	Modellering av krockstyrka (prediktion)	New Hampshire, USA	Punkter	Cykelstressnivå som proxy (LTS)	LTS är ett index baserat på publicerad hastighetsgräns, antal körfält, cykelinfrastruktur, parkering på gatan och körfältbredd. Denna implementering använde cykelbanans närvaro och bredd, indikator för bostadsområde, korsning mellan mitten av blocket, antalet högervändningsfält och cykelbanekonfiguration.	LTS-mätning på segmentnivå, kopplad till kraschpunkt. Jämförelse även mellan LTS och crowdsourcade data (STRAVA). Korrelation hittat som antyder att crowdsourcade data kan vara användbara.	Nordamerika
Ding et al. (2018)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Seattle, Washington, USA	Trafikanalyszoner	Resor till fots	Regional aktivitetsbaserad resebehovsmodell		Nordamerika
Guo et al. (2018)	Krock (cyklister/fordon)	Modellering av krockprediktion	Vancouver, Kanada	Trafikanalyszoner	Cyklade kilometer (som kovariat i modellen)	Resebehovsmodell geokodad till cykel- och gatunätverk.		Nordamerika

						Baserat på data från hushållens reseundersökningar		
Jerrett et al. (2016)	Krock (fotgängare eller cyklar/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Los Angeles County, USA	Censustrakt	Aktiva transportresor som slutar i censustrakt i (%) * befolkning som offset	Resundersökning, resor till fots eller cykling (aktivtransport) inom trakter. Utjämning med rumslig Bayesian smoothing.		Nordamerika
Chen et al. (2018)	Krock (cyklar/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Beijing, Kina	Trafikanalyszoner	Kumulativ väglängd inom trafikanalyszon som proxy			Asien
Grisé et al. (2018)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klustering	Toronto, Kanada	Censustrakt	Befolkning		Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Dai & Jaworski (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspot/klustering	DeKalb County, Georgia, USA	Vägsegment	Andel personer 16+ som går till arbetsplatsen i censustrakt som kovariat	Censusdata		Nordamerika
Ceccato & Willems (2019)	Skadade fotgängare (fall & krock)	Kartläggning/spatio-temporal modellering	Sverige	Punkter matchad till vägsegment	Ingen			Europa
Kondo et al. (2018)	Krock (cyklar/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Philadelphia, USA	Vägsegment	Cykeltrafikindex (genom författare)	Modellerad med censusdata (ursprung, destination, vägnätverk), baserad på en logitmodell med folkräkningsdemografi. Modellerar 100 resor slumpmässigt från varje av 18,872 startpunkter, viktad med befolkning och uppskattad antal cyklar i startpunkten med en "distance decay" funktion. Summan av viktade resor som passerar segmentet = volym		Nordamerika
Huang et al. (2017)	Krock (fotgängare eller cyklar/fordon)	Metodutveckling (modellering av krockprediktion)	Hillsborough County, Florida, USA	Korsningar	Befolkning		Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Bhat et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Metodutveckling (multivariat modellering av skademagnitud)	Manhattan, New York, USA	Censustrakt	Andel pendlingsresor till fots som kovariat och andra proxies (tex handelsaktivitet, skolor)	Censusdata		Nordamerika
Osama & Sayed (2017)	Krock (fotgängare eller cyklar/fordon)	Metodutveckling (multivariat prediktionsmodellering av samtidiga krockar mellan cyklar och fotgängare)	Vancouver, Kanada	Trafikanalyszoner	Resor till fots och cykelresor som kovariater	Resebehovsmodell geokodad till cykel- och gatunätverk. Baserat på data från hushållens reseundersökningar (samma som Guo et al. 2017)		Nordamerika
Xin et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Metodutveckling (multivariat analys av rumsliga faktorer för skademagnitud)	Ett distrikt i Florida, USA	Punkter	Ingen			Nordamerika
Voss et al. (2016)	N/A	Uppskattning av transportrelaterad fysisk aktivitet	Vancouver, Kanada	N/A	Gångavstånd och tid från ursprung till destination.	Äldre vuxna bar accelerometrar och GPS i 7		Nordamerika

						dagar. Resor beräknades utifrån tidsriktad GPS och accelerometridata.		
Chen & Zhou (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Seattle, USA	Trafikanalyszoner	Resor (fotgängare)	Regional aktivitetsbaserad efterfrågemodell för att uppskatta ursprungs- och destinationsspecifika resor till fots.		Nordamerika
Asgarzadeh et al. (2017)	Krock (cyklister/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	New York City, USA	Punkter	Ingen		Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Nesoff et al. (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Baltimore City, USA	Censusblock	Befolkning som offset och fotgängarevolym som kovariat	"Walk score" är ett kommersiellt tillgängligt gångbarhetsindex beräknat genom att kartlägga avståndet till platser av intresse i nio olika kategorier, inklusive livsmedelsbutiker, restauranger, shopping, kaféer, banker, parker, skolor, bokaffärer / bibliotek och underhållningsplatser		Nordamerika
Nashad et al. (2016)	Krock (fotgängare eller cyklister/fordon)	Metodutveckling (samtidiga krockar mellan cyklister och fotgängare; hotspotupptäckt)	Florida, USA	Trafikanalyszoner	Pendlare (cykel och fotgängare) per TAZ som kovariat	Censusdata	Nämner brist på exponeringsdata som begränsning	Nordamerika
Popescu & Sayed (2017)	Krock (cyklister/fordon)	Predikativ krockmodellering	Vancouver, Kanada	Trafikanalyszoner	Genomsnittlig årlig dygnstrafik per cykel och TAZ	Resebehovsmodell geocodad till cykel- och vägnät (referens till: https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2443-12)		Nordamerika
Guo et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Florida, USA	Punkter	Ingen			Nordamerika
Guerra et al. (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Philadelphia, USA	Punkter	Resor som börjar och slutar i censustrakt	Censusdata. Koordinatmatchning till närmaste vägsegment (inplacerad i censustrakt). Varje segment inom en trakt får samma exponeringsvärde		Nordamerika
Wang et al. (2019)	Krock (cyklister/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Antwerp, Belgien	Punkter	Dagliga cykelflöden	Trafiksensorer (fr. Chen et al. 2018)		Europa
Lizarazo & Valencia (2018)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Medellin, Columbia	Trafikanalyszoner	Befolkning			Sydamerika
Alkahtani et al. (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Riyadh, Saudiarabien	Kvarter	Befolkningstäthet och andel bostadsområden som proxykovariater	Censusdata		Mellanöstern
Nesoff et al. (2018)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Baltimore City, USA	Censusblock	"Walk score" (se ovan)			Nordamerika
Xu et al. (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Predikativ krockmodellering	Hong Kong	Korsningar	24-timmars profiler av fotgängarnas flödesmätningar	Resvaneundersökningar och in-situ observationer		Asien

					per zon kombinerad men in-situ undersökningar vid korsningar			
Osama & Sayed (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Vancouver, Kanada	Trafikanalyszoner	Resor till fots	Resebehovsmodell geokodad till cykel- och vägnätet. Baserad på resvaneundersökningar per hushåll (samma som Guo et al. 2017)		Nordamerika
Prato et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Danmark	Punkter	Trafikdensitet fotgängare i NTM-zon där krocken skedde	Danish National Transport Model (NTM). Innehåller estimeringar per NTM-zon (1-ha gridceller)		Europa
Kang et al. (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Predikativ krockmodellering	Washington, USA	Vägsegment	Ingen			Nordamerika
Pour et al. (2018)	Krock (fotgängare/fordon)	Spatio-temporal modellering	Melbourne, Australien	Punkter	Ingen			Australien
Hasani et al. (2019)	Krock (fotgängare eller cyklist/fordon)	Hotspotupptäckt/identifiering av rumsliga riskfaktorer	San Diego, USA	Korsningar	Räkning av antal cyklist/fotgängare (årsgenomsnitt dagliga resenärer)	Räknare (processering av kamera/videodata) vid utvalda korsningar ligger till grund för utveckling av exponeringsmodeller	Hotspotupptäckt kallas för "hög risk"-korsningar när exponering används	Nordamerika
Moradi et al. (2016)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspotupptäckt	Tehran, Iran	Punkter	Ingen			Mellanöstern
Hasani et al. (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Mapping/hotspotupptäckt	Iran	Provins	Befolkning			Mellanöstern
Pour et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Identifiering av rumsliga riskfaktorer	Melbourne, Australien	Vägsegment	Ingen (fordon men inte fotgängare)			Australien
Moradi et al. (2017)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspotupptäckt	Tehran, Iran	Punkter	Ingen			Mellanöstern
Bunnarong & Upala (2019)	Krock (fotgängare/fordon)	Hotspotupptäckt	Bangkok, Thailand	Punkter	Ingen			Asien

