Nätverksutläggning för cykel

Svante Berglund – WSP/KTH

Leonid Engelson – KTH/WSP/TrV

CTS Working Paper 2014:12

Sammanfattning

Cykel har blivit en allt viktigare planeringsfråga och i den här rapporten gör vi ett försök att göra en nätverksutläggning för cykel i likhet med det som görs för bil och kollektivtrafik. Projektets syfte är att se om resultaten ger anledning att gå vidare med att hantera cykel på samma sätt som övriga färdmedel. Vi gör detta genom att jämföra nätverksutlagda cykelvolymer med räkningar av cykeltrafik. Resultaten visar att de modellberäknade volymerna ligger rimligt rätt för en modell som inte är kalibrerad mot räkningar. Genomgående ligger de modellberäknade volymerna högt i förhållande till räkningarna vilket är något som kan kalibreras in. Den genomsnittliga avvikelsen mellan modell och räkning är ca 24 %. Med en generell nivåkalibrering mot räkningar skulle avvikelsen bli ca 9 %.

Nyckelord: Nätverksutläggning, cykel, trafikräkningar, assignmentvikter

Centre for
Transport Studies

SE-100 44
Stockholm

Sweden

www.cts.kth.se

1 SAMMANFATTNING

I trafikefterfrågemodeller behandlas färdmedel med olika grad av detaljrikedom som präglats av de behov som planerande myndigheter haft. De nätverk som finns kodade EMME-systemet har varit bilnät och kollektivtrafiknät och efterfrågan för gång och cykel har beräknats med dessa nät i avsaknad av alternativ. I takt med cykel har blivit en allt viktigare planeringsfråga har önskemål kommit om att cykel ska jämställas med annan trafik i modellerna.

Projektets syfte är att ta fram ett underlag för att göra nätverksutläggningar av cyklister och se om resultaten ger anledning att gå vidare med att hantera cykel på samma sätt som bil och kollektivtrafik. Det underlag som tagits fram för att göra en nätverksutläggning är relativa värderingar av attribut hos cykelnätet (cykelbanor, cykelfält och cykel i blandtrafik), ett cykelnät av rimligt god kvalitet och trafikräkningar.

I projektet har vi sammanställt värderingar av olika attribut i ett cykelnätverk som skattats på cyklisters beteende eller från SP-undersökningar. Vi har därefter kodat ett cykelnätverk för Stockholms län så att ett urval av dessa attribut kan användas vid en nätverksutläggning för cykel. På detta nätverk har en efterfrågematris lagts ut och sedan jämförts mot räkningar.

Räkningar för cykel är svåra att använda eller så är vi som jobbat med detta ovana vid att hantera dessa data. Det finns stora variationer i alla tidsdimensioner i data vilket ger osäkerhet i punktestimaten och omräkningarna till exempelvis VMD. Tidsserierna är inte heller särskilt långa och många mätningar har gjorts under korta perioder. Eftersom det tillkommer fler mätstationer över tid med god kvalitet så är detta något som kommer att hanteras bättre i framtiden.

Resultaten visar att de modellberäknade volymerna ligger rimligt rätt för en modell som inte är kalibrerad mot räkningar. Genomgående ligger de modellberäknade volymerna systematiskt högt i förhållande till räkningarna vilket är något som kan kalibreras in. Den genomsnittliga avvikelsen mellan modell och räkning är ca 24 %. Med en generell nivåkalibrering mot räkningar skulle avvikelsen bli ca 9 %. Avvikelser i den här storleksordningen är inget ovanligt i bilnät som inte gradientjusterats.

Projektets huvudfråga var om det blir vettiga resultat om man lägger ut cyklisterna på nätverket. Vi är nog beredd att tycka att resultaten blev ganska vettiga. Det är naturligtvis upp till externa bedömare att tycka till i denna fråga.

Varje studie medför följdfrågor så även denna: ska den metod som tillämpats här upphöjas till praxis? Här är vi lite reserverade, särskilt när det gäller tillämpning för regionala modeller som hela SAMM etc. En skala som känns rimligare är kommunala modeller eller de urbana modeller som är under utveckling av Trafikverket. Skälet är att cykelnätverken är ganska krävande att ta fram.

Ett starkt skäl att ändå integrera analys av cykel i samma system som övriga färdmedel är att det råder stor samstämmighet om att cyklister är känsliga för interaktion med andra fordon och att detta har stor påverkan på ruttval och nytta. Jag har svårt att se att denna egenskap kan tillgodoses fullödigt på andra sätt än genom modeller som hanterar samtliga färdmedel.
Lärdommar:

- Det tar tid att koda ett nätverk för cykel, mycket tid…
- Komplicerade trafikplatser som Slussen i Stockholm eller Hornstull m.fl. kräver punktinsatser på fältet för att kunna studeras och kodas helt rätt (har inte gjorts här)
- NVDB ger i vissa kommuner ett gott underlag för ett cykelnät…
    - men i andra inte.
- Den stora betydelse som cyklister tillmäter korsningar, främst hårt trafikerade, gör att nätverken blir känsliga för kodningen.
- Tveksamt om cykel ska hanteras i Sampers regionala modeller
- Kan troligen fungera i lokala modeller och i den eventuellt framtida Storstadsmodellen
- Nätverksutläggning tar inte tid beräkningsmässigt
- Ska nätverksutläggning göras bör asignmentparametrarna granskas av annan part och om möjligt reduceras i antal.

Rapporten är skriven av Svante Berglund som också är ansvariga för resultaten, Leonid Engelson har gjort ett centralt bidrag genom en litteraturinventering om nätverksutläggning med cykel, Camilla Isaksson har bidragit med bearbetning av nätverk och Anna Brunlöf som sammanställt räknedata för cykel. Slutligen har Ulrika Isberg gjort en översyn av texten.

2 INLEDNING

Dagens planeringsparadigm betonar ett byggande som inte är centrerat kring bilen utan fokus ligger på utveckling av ett samhälle som i ökande grad förlitar sig på andra färdmedel. Vägen dit går både via genomtänkt lokalisering av bostäder och arbetsplatser och genom val av infrastruktur som stöder den önskade utvecklingen. Dagens analysverktyg för transportplanering har emellertid inte riktigt hängt med i utvecklingen och har svårigheter att adressera vissa frågor. Det gäller exempelvis nätverksmodellerna för kollektivtrafik som är ifrågasatta. Ett annat exempel är hanteringen av gång och cykel (GC) som mer eller mindre ligger utanför Sampers liksom dess förenklade version Lutrans.

Efterfrågan på resor med GC beräknas visserligen mellan zoner i transportmodellerna men med utgångspunkt i för färdmedlen bristfälliga nätverk (bilnät). Det gör det inte möjligt att på ett meningsfullt sätt lägga ut trafiken på nätverken vilket är en förutsättning för nyttokalkyler och för beräkning av tillgänglighet. Precisionen vid beräkningen av GC är inte enbart ett färdmedelsinternt problem, utan i hög grad även en förutsättning för att beräkna efterfrågan på kollektivtrafik på ett bra sätt då färdmedlen konkurrerar relativt nära med varandra under vissa perioder på året. Med samma argument går det inte heller att förstå efterfrågan på cykel utan att ha en god beskrivning av alternativa färdmedel. Trafikverkets utvecklingsplan noterar att kunskapsbrist råder om de efterfrågeförändringar som cykel- och gånginfrastrukturinvestering för med sig, samt föreslår att initiera ny forskningsstudie om detta.

Många kommuner jobbar idag aktivt med program och planer för att förbättra infrastrukturen för cykel i syfte att öka andelen som cyklar. Det gäller exempelvis ett antal medelstora städer med ung befolkning (ofta universitetsstäder). Beslutsstödssystemen i planeringsprocessen har emellertid vissa brister. Dessa brister är emellertid rätt avgränsade och bör kunna åtgärdas. Naturvårdsverket har tagit fram en rapport ”Den samhällsekonomiska nyttan av cykeltrafikåtgärder” (2005) som i sammanhanget är gedigen inom det område rapporten täcker men i rapporten påpekas också att det behövs mer kunskap på några områden. De kunskapsluckor som nämns är: efterfrågeförändringar, betalningsvilja för bekvämlighetsförändringar, möjligheten att i praktiken åstadkomma förbättringar av folkhälsan, trafiksäkerhetseffekter av cykelvägar och förbättrade korsningspunkter samt restidsvärdering för cykeltrafikanter. Delar av frågorna adresseras i rapporten ”Värdering av tid och bekvämlighet vid cykling” (Börjesson 2008). Förutom värdering av tid och betalningsvilja diskuteras hur värderingen av effekten på folkhälsan ska hanteras i kalkylen. I Börjesson (2008) berörs också överflyttningen från andra färdmedel översiktligt. Hantering av efterfrågeförändringar är dock en kvarstående fråga vilket kan vara avgörande för kalkylen. Även i Trafikverkets beräkningsverktyg GC-kalk är hanteringen av efterfrågan rudimentär.

För att på ett korrekt sätt värdera nyttan av en cykelåtgärd behövs en värdering av hur olika egenskaper i nätverket värderas av cyklisten vid ruttvalet. Bakgrunden är att avstånd eller tid i olika trafikmiljöer värderas olika, exempelvis kan vi utgå från att en obruten sträcka med måttlig biltrafik och få korsningar föredras framför en väg i blandtrafik med flera korsningar att passera. Även om sträckan är densamma är det att föredra att bygga en separerad cykelmiljö i det senare fallet allt annat lika. Uttrycket allt annat lika är kritiskt i det här fallet, det förutsätter att efterfrågan för cykel i båda fall är den samma och att konkurrenssituationen mot alternativa färdmedel även den är den samma. Värderingen är en kombination av sträckan och dess kvalitet värderas av cyklisten. Motsvarande värdering görs för andra färdmedel. I tabell 1 visas den resuppoffring som används vid beräkning av bästa väg för olika färdmedel.

Tabell 1. Tid och avstånd som beaktas vid beräkning av bästa väg per färdmedel.

Färdmedel	*Tid/avstånd som beaktas i nätverksutläggning*
Bil	Snabbaste väg med hänsyn till trängsel, alternativt[3] minsta generaliserade kostnad.
Kollektivtrafik	Snabbaste väg med vikterna: Väntetider (samtliga inkl. bytestid) 1,5 Gångtid 2.0 Restid i fordonet 1.0
	Tid/Avstånd som beaktas i efterfrågeberäkningen
Cykel – läggs inte ut på nätverket	Kortaste väg på bilnätet
Gång – läggs inte ut på nätverket	Kortaste väg på bilnätet

För bil är hanteringen rimligt enkel, man utgår från hastigheten och längden per länk och söker snabbaste vägen eller en kombination av snabb och billig. Ingen hänsyn tas till om bilister värderar vissa vägtyper som mer trevliga, säkra eller att upplevd restid skulle kunna systematiskt avvika från uppmätt restid. Bil läggs ut på nätverket för att beräkna restider under trängsel och som en del i rimlighetsbedömning och resultatredovisning. Trafikflöden är också en viktig

[3] Det finns olika så kallade utläggningsmakron i omlopp.

del i kommunikationen av modellresultat genom att det är ett av få visuella resultat från en modellkörning.

Kollektivtrafik är mer komplext än bil genom att ruttvalen är mindre flexibla och att de begränsas av tidtabeller. Beräkning av uppoffringen att resa i en relation med kollektivtrafik måste därmed kombineras med värderingar av tiden att gå till hållplatsen och vänta på att linjen avgår. Vikterna för kollektivtrafik brukar kallas nätutläggningsparametrar eller assignmentparametrar och är viktiga för att uppnå rimliga resultat. Restider i kollektivtrafiken påverkas inte av trängsel (i nuvarande modellpraxis[4]) men de läggs ut på nätverket av samma skäl som bil.

Cykel och gång lever inget eget liv i transportefterfrågemodeller och (o)nyttan beräknas enligt bilavstånd. Gång och cykel läggs inte ut på nätverket av flera skäl. Det mest uppenbara skälet är att cykelnäten inte är kodade på ett sådant sätt att det är meningsfullt att göra en utläggning men att bilnätet ändå ger en meningsfull approximation av uppoffringen för att resa med cykel.

Ska man göra en utläggning av cykel är det lite mer komplicerad än för bil trots att även cykel är ett individuellt färdmedel som inte är begränsat av linjer och tidtabeller. Trafikmiljön för cykel har varierande kvaliteter utöver restid och som cyklister värderar olika. För att göra ett korrekt vägval behöver vi veta värderingen av separerad cykelbana mot blandtrafik och korsningar mm. I detta avseende har cykel vissa likheter med kollektivtrafik genom att resans olika kvaliteter måste värderas. Vi behöver således assignmentparametrar för cykel. En assignmentparameter är en relativ värdering av en reseuppoffring på samma sätt som för kollektivtrafik, exempelvis om cykling i blandtrafik uppfattas som dubbelt så illa som på cykelbana, viktas längden för länk med blandtrafik med 2 medan motsvarande vikt för cykelbana då är 1. Har vi dessa parametrar rimligt korrekt skattade kan vi också beräkna efterfrågan på olika rutter för cykel.

[4] Det här är en hantering som är under diskussion.

3 SYFTE

Projektets syfte är att ta ett steg mot att utvärdera åtgärder för cykel med samma metoder som andra transportslag, dvs. en kalkyl som sammantaget beaktar effekten av en utbudsförändring på efterfrågan för val av färdmedel, destination och rutt. För att göra detta krävs det att cyklisternas värdering av olika egenskaper hos trafiknätet skattas. Det kan göras med metoder som utvecklats under de senaste åren på KTH. På KTH pågår (2014) ett projekt där man tillämpar bästa tillgängliga metod för att skatta parametrar i en ruttvalsmodell. Dessa resultat blir tillgängliga på sikt och kan implementeras i verktyg för ruttanalys för cykel och andra färdmedel. Vad vi vill åstadkomma i det här projektet är att se om det är meningsfullt överhuvudtaget att lägga ut cyklister på ett nätverk. Blir volymerna i närheten av de som observeras i räkningar? Ser den utlagda trafiken någorlunda vettig ut så att prognosens trovärdighet stärks eller avfärdas?

Att använda ett nätverksbaserat analyssystem för cykel är ett större åtagande än att använda ett redskap som GC-kalk. Vi föreställer oss att tillämpningen av nätverksbaserad analys av GC är vid större åtgärder för cykel eller vid övergripande planering. Ett tillämpningsområde kan också vara när konkurrens eller komplementsituationen i förhållande till kollektivtrafik kräver noggrannhet.

För tillämpning behövs efterfrågan mellan zoner som är uppmätt eller genererad av en efterfrågemodell, ett bra nätverk att lägga ut trafiken på och cykelräkningar att validera mot. Befintliga efterfrågemodeller är skattade och tillämpade på länklängder med enhetlig kvalitet utan resenärsvärdering av länkattribut (dock med skattade parametrar för avstånd). Som ett första steg avser vi att ta fram ny reseuppoffring.

Givet en efterfrågematris med cykelresor kan cyklisterna läggas ut på nätverket och jämföras med räkningar i en validering. Faller valideringen väl ut kan man gå vidare med ytterligare implementationer.

4 NÄTVERKSUTLÄGGNING FÖR CYKEL - VAD HAR ANDRA GJORT?

Motivet till att beräkna nyttor för cykel på samma sätt som andra färdmedel visas tydligt i rapporten värdering av tid och bekvämlighet vid cykling (Börjesson 2008) samt i Naturvårdsverkets rapport ”Den samhällsekonomiska nyttan av cykeltrafikåtgärder” (2005). I Börjesson (2008) tydliggörs att tidsvinsterna för cyklisterna är den viktigaste posten i en kalkyl samt att värderingen av cykelbana, blandtrafik och korsning skiljer kraftigt. De nämnda rapporterna hanterar vissa relevanta delar av det underlag som behövs för analyser av cykelåtgärder men inte alla, vilket rapportförfattarna också redovisar.

Ett annat projekt med vissa beröringspunkter är CyCity som syftar till att öka kunskapen om cykelplanering och om cyklisters preferenser. CyCity jobbar på längre sikt med observerat beteende och ambitionen att ha en mycket hög detaljrikedom i beskrivningen av cykelvägens utformning.

Det finns flera nätbaserade informationssystem för ruttplanering för cykel. Dessa system beräknar den bästa vägen med utgångspunkt från de kriterier som användaren väljer, exempelvis ”kortaste väg” eller ”mera cykelväg”. Systemen bygger inte på systematisk undersökning om hur den genomsnittliga resenären eller en viss typ av resenär värderar olika egenskaper i nätverket utan på bedömningar av experter och vana cyklister om vad en lämplig cykelrutt är.

Ett steg på vägen för att öka detaljnivån i nätverksbeskrivningen av cykel i traditionella trafikmodeller har gjorts i Örebro där trafikmodellen Lutrans[5] utnyttjar kommunens kodade cykelnät i kombination med nationella vägdatabasen (NVDB). I implementationen i Örebro (utförd av WSP) görs ingen nätverksutläggning av cyklister i brist på assignmentparametrar och vissa kvarstående problem med nätet. Cykelnätverket för Örebro har utnyttjat ett GIS för beräkningen av reslängd.

4.1 Cyklisters värdering av egenskaper i nätverket

För att göra en utläggning av cyklister på nätverket behöver vi cyklisternas värderingar av olika attribut i nätverket. Den värdering vi behöver är inte en absolut i kronor eller någon annan specifik enhet utan en relativ värdering exempelvis hur mycket en meter cykling i blandtrafik värderas jämfört med en meter cykling på cykelbana. I litteraturen finns en mycket stor mängd attribut som studerats. Det råder otvivelaktigt ett omvänt förhållande mellan mängden attribut som en studie tar sig an och kvaliteten på värderingen. Mycket som

[5] Lutrans är en förenkling av den nationella transportmodellen Sampers som används huvudsakligen för markanvändningsplanering och av några kommuner för kommunal trafikplanering.

skrivits är tyvärr av begränsat värde. De metoder som använts varierar från att fråga i en enkät vad man tycker om glassplitter på vägen till ambitiösa observationer med GPS hur cyklister har valt väg. Den senare metoden benämns Revealed preferenses (RP) eller observerade preferenser. En annan vanligt förekommande metod är att ställa respondenter inför hypotetiska val mellan olika sätt att välja väg i så kallade Stated preferenses (SP eller SP-spel). SP-spelen kan omfatta beskrivningar och bilder på olika alternativa trafikmiljöer som respondenten ska ta ställning till. I SP-spel är syftet att gaffla in en respondents värdering av olika attribut och för att nå dit krävs upprepade frågeställningar med variationer. En studie som bygger på SP omfattar ofta ett begränsat antal attribut.

I mångfalden av attribut som nämns återkommer ett begränsat antal som signifikanta vid formella statistiska test. Denna delmängd återkommer som signifikanta oberoende av metod och var studien har genomförts.

Bland de attribut som har visats ha en statistiskt signifikant påverkan är långtifrån alla kvantifierade så att de kan användas för att göra en värdering av nätverket som kan användas för att beräkna färdvägen. Attributen kan grovt indelas i länkens attribut, korsningsattribut, omgivningens attribut och cyklisternas egenskaper. Beroende på resärende kan cyklisterna prioritera olika egenskaper som snabbhet kontra säkerhet. I tabellen nedan visas attribut som kan knytas till länken på det ena eller andra sättet.

Tabell 2. Lista för länkattribut.

Generella nätverksattribut	*Cykelbanas attribut*	*Parkering på länken*
Längd	Bredd	Förbjuden
Tid	Antal fält	Tillåten
Rekommenderad cykelväg	Kontinuitet	Parallell
Mot enkelriktning	Yta	Vinkel
	Bro	Frekvens omsättning
	Belysning	
	Delas med gångtrafikanter	
Cykelfält	*Underhåll*	*Blandtrafik*
Färgåtskillnad	Snö/is	Trafikvolym bil
Bredd	Skadad beläggning	Hastighet bilar
Frekvens målad cykelsymbol	Löv på vägen	Farthinder
Typ av utmärkning av cykelfält	Glas/skräp på vägen	Vägklass

Flera av attributen är temporära och av det skälet svårhanterliga medan andra kan vara svåra eller dyra att fånga. Temporära variabler är exempelvis sådana som har med underhåll att göra eller är endogena i trafiksystemet exempelvis trafikvolym som kan variera över dygn och säsong. Generella nätverksattribut såsom avstånd och tid vilket kan härledas för olika kategorier cyklister är relativt väl kodade i olika nätverk. Länkar med blandtrafik är en komplex trafikmiljö och det är också den trafikmiljö där litteraturen visar på störst uppfinningsrikedom att ta fram attribut. Det gäller dels parkering och dels situationen avseende rullande trafik på länken (Blandtrafik i tabellen). Trafikvolym och hastighet för bilar på länken har visat sig viktigt och är vid integrerade analyser[6] tillgängliga som attribut. Parkering har i flera studier visat

[6] Integrerade i betydelsen bil och kollektivtrafik läggs ut samtidigt som cykel och gör att fordonen tillåts interagera i trafiken.

sig viktigt för hur cyklister värderar en länk och i flera studier skiljer man på parallell parkering och parkering i vinkel. Även omsättningsfrekvensen på parkeringsplatserna förekommer som attribut i studier. Trafiksituationen på länken förekommer frekvent i olika studier och hör även till de attribut som ofta har signifikant påverkan på resultaten. Cykelfält är något som förekommer i flera länder medan sättet att markera dessa skiljer.

Korsningar är en av de mest centrala egenskaperna i ett trafiknät oberoende av trafikslag. Cyklister har i flera studier en tydligt negativ värdering av korsningar och korsningar kan attributsättas med olika ambitionsnivå. Det finns olika egenskaper hos korsningar och det finns anledning att återkomma till detta senare. Centrala attribut i en korsning, exempelvis trafikvolymer, kan beräknas ur programvara för nätverksutläggning och är därmed tillgängliga. Signaler är ofta beroende på inkommande trafikvolymer vilka varierar över tid. Det finns inget sammanhållet register för signalreglering på länsnivå[7] för närvarande och den typen av data ingår inte i exempelvis Sampers men förekommer i begränsad utsträckning i projektet IHOP (2014).

Tabell 3. Lista för korsningsattribut.

Korsningsattribut
Svängriktningar
Riktningar i kombination med volymer i konflikterande svängar
Gröntid
Skyltning
Frekvens av korsningar längs vägen
Signalreglering för cykel
Sensorer för cykel
Tryckknappar vid signalreglering för cykel
Korsning med järnväg

I utkanten av det som är projektets syfte ligger länkattribut på kompletterande färdmedel. Normalt klassar man en resa efter huvudfärdmedel och cykel kan vara ett färdmedel även om en del av resan sker med kollektivtrafik. Beräkning av cykel som anslutningsfärdmedel är ett intressant framtida

[7] Kommunala register finns som administreras av konsulter och dessa kan eventuellt användas på sikt för datafångst.

utvecklingsområde men vi beräknar inte detta för närvarande. Vi kan konstatera att attributen i tabellen nedan kan vara intressanta för svenska tillämpningar men att kodningen inte sitter på cykelnätet.

Tabell 4. Exempel på variabler för integration med kollektivtrafik.

Integration med kollektivtrafik
Kan ta med cykel på tåg
Kan ta med cykel på buss
Infartsparkering för cykel vid station

Cyklisterna själva är ingen homogen grupp utan varierar i ett antal dimensioner i tabell 5 listas några sådana. Cyklisternas egenskaper interagerar med infrastrukturen och man riskerar att hamna i en oöverskådlig mängd av kombinationer av egenskaper hos cyklisten och egenskaper hos trafiksystemet. I denna studie skiljer vi inte på olika cyklister.

Tabell 5. Exempel på attribut hos cyklister.

Cyklisternas attribut
Ålder
Kön
Erfarenhet
Cykelinnehav
Utbildning
Sysselsättning
Inkomst
Barn i hushåll
Tillgång till bil
Vana

Trafikmodeller beräknar som regel olika ärenden var för sig för att i nätverksutläggningen lägga ut samtliga ärenden tillsammans på nätverket för att uppnå korrekta trängselnivåer. I bilutläggningar skiljer man som regel

mellan olika ärenden och olika användarklasser men inte i kollektivtrafik[8] (i Sverige). Cyklisternas ärenden och egenskaper är en mer spretig samling än bilister och kollektivtrafikresenärer. I cykelresor ligger även ett (varierande) element av resan att är en del av ett motionsmönster. Från ren motion där huvudpoängen inte är att komma fram till något, till resor där motion är en biprodukt som cyklisten i varierande grad tar hänsyn till.

För att fånga samtliga dimensioner i cykling på ett korrekt sätt krävs ett omfattande arbete med datainsamling och där är vi inte än. I detta arbete tar vi endast hänsyn till genomsnittliga värderingar av nätverksattribut vilket är det som data räcker till i nuläget.

4.2 Värderade attribut

Trotts bruttolistornas vildvuxenhet är de användbara som en utgångspunkt för vad som kan vara värt att testa och det finns några attribut som återkommer i flera studier med statistisk signifikans.

För att nå fram till en operationalisering av de attribut som är användbara i en utläggning behöver vi en hanterlig mängd centrala egenskaper som vi 1) har en trovärdig värdering för, 2) som vi kan med rimlig kvalitet tilldela attribut.

I den studerade litteraturen finns en grund för detta. Om vi i föregående avsnitt nämnde en stor mängd attribut och med nödvändighet inte fördjupade oss i de flesta kommer vi nu att gå igenom några attribut relativt noggrant.

4.2.1 Cykelbana och cykelfält

Referensinfrastrukturen som vi använder är genomgående cykelbana skild från biltrafik. Det utesluter inte att det kan finnas exempelvis gångatrafikanter åtskilda av enbart målad linje. Vi tilldelar cykelbana vikten ett dvs. tid eller avstånd på cykelbana som inte lutar mot ges ingen extra negativ värdering.

Cykelbana kan ges olika attribut beroende på tillgänglig kodning. I Björklund & Carlén (2012) studerades cykelbanans grad av separation fördelat på cykelbana vid väg separerad med räcke och cykelbana ej i anslutning till väg. Miljöerna illustrerades i SP-spelen med bilder på cykelbanor som båda hade målad gräns till gångfält. Cykelbana vid väg värderades mer negativ än motsvarande ej i anslutning till väg, de två miljöerna var dock inte signifikant skilda från varandra. För cyklister i Stockholm skilde värderingen av cykelfält och cykelbana. I tabell 6 redovisas de relativa värderingarna av cykelfält relativt cykelbana från några studier.

[8] Det finns inga hinder att göra detta men det är inte praxis i Sverige.

Tabell 6. Värdering av cykling i cykelfält relativt cykelbana.

Källa	Cykelfält	Metod	Plats, anmärkning
Björklund & Carlen (2012)	1.67	SP	Karlstad, Luleå, Norrköping, Västerås. Relativt cykelbana ej i anslutning till väg.
Björklund & Carlen (2012)	1.23	SP	Stockholm. Relativt cykelbana ej i anslutning till väg.
Tilahun et.al. (2007)	1.25	SP	Minneapolis, Ingen parkering
Tilahun et.al. (2007)	1.72	SP	Minneapolis, parkering
Broach (2012)	1.35	RP (GPS)	Portland, ej arbetsresa
Broach (2012)	1.2	RP (GPS)	Portland, arbetsresa

I studien från Minneapolis skiljer man mellan cykelfält med respektive utan parkering, vilket även görs i andra studier, dock utan att kvantifiera skillnaderna. I den aktuella studien är skillnaderna i värdering relativt stor mellan med och utan parkering. I den svenska studien skrivs inte explicit om den avser en situation med eller utan parkering, men bilden i SP-undersökningen visar en miljö med parkerade bilar längs cykelfältet. Trafikmiljön är, åtminstone vad avser stockholmsförhållanden, representativ.

Broach (2012) använder RP-data utan åtskillnad mellan vägar med och utan gatuparkering. I data som Broach använder sig av finns en besvärande korrelation mellan cykelfält och trafikvolym som gör att det inte gick att skatta separata parametrar.

För val av värdering för vår tillämpning senare tittar vi i första hand på de svenska studierna och sedan på studier som mätt attribut som är relevanta i en svensk kontext.

4.2.2 Cykel i blandtrafik

I tabell 7 nedan visas ett antal relativa värderingar av cykling i blandtrafik i förhållande till cykling på cykelbana. Metod och miljö skiljer sig mellan de olika studierna samt att man delat in länkar i blandtrafik efter hastighet och trafikvolym i vissa av studierna.

Tabell 7. Värdering av cykling i blandtrafik relativt cykelbana.

Källa	Vikt	Metod	Plats, anmärkning
Hood et.al. (2011)	1.75	RP (GPS)	San Francisco
Börjesson (2008)	1.47	SP	Stockholm
Björklund & Carlén (2012)	1.4	SP	Karlstad, Luleå, Norrköping, Västerås
Björklund & Carlén (2012)	1.46*	SP	Stockholm
Broach et.al. (2012)	1.52	RP (GPS)	Portland, lågtrafikerad 50
Broach et.al. (2012)	2.56	RP (GPS)	Portland, högtrafikerad 50
Broach et.al. (2012)	7.31	RP (GPS)	Portland, 70+
Sener et.al. (2009)	1.49	SP	Texas (Austin), lågtrafikerad, pendling <25 min
Sener et.al. (2009)	1.66	SP	Texas (Austin), lågtrafikerad, pendling >25 min
Sener et.al. (2009)	1.93	SP	Texas (Austin), högtrafikerad, pendling <25 min
Sener et.al. (2009)	2.14	SP	Texas (Austin), högtrafikerad, pendling >25 min

*Relativt cykelbana som ej ligger i anslutning till väg, relativt cykelbana i anslutning till bilväg 1,3.

För svenska förhållanden finns inga studier gjorda på RP-data medan två av tre studier från USA är gjorda med RP-data. Den stora variationen är emellertid inte mellan olika metoder eller mellan de svenska studierna och de som gjorts i USA, utan mellan vägar med olika trafikvolym. De studier som gjorts i Stockholm har vikten knappt 1,5 på blandtrafik vilket ligger ganska nära värdena för lågtrafikerad väg i studierna av Sener et.al. (2009) och Broach et.al. (2012). Hood et.al. (2011) skiljer inte på olika vägtyper[9] vilket gör att värdet i studien bör tolkas med försiktighet. Givet att Hood et.al. inte skiljer på hög- och lågtrafikerade vägar är det förväntat att den beräknade vikten ligger högre än 1,5 där övriga studier tenderar att ligga. De svenska studierna skiljer inte på hög och lågtrafikerade vägar explicit, men är utförda på respondenter rekryterade vid infarterna till Stockholm efter trängselskatternas införande. I studien av Björklund & Carlén (2012) visas en bild på gata helt utan rullande bilar, men med bilar parkerade längs med gatan i SP-spelet, vilket rimligen kan tolkas som att respondenterna associerar till en lågtrafikerad situation. Att de framräknade relativa vikterna i Stockholm överensstämmer med en lågtrafikerad situation i de amerikanska studierna är därmed rimligt. De studier som genomförts i medelstora svenska städer ger en något lägre vikt än studien i Stockholm, vilket är rimligt med tanke på att trafiksituationen i genomsnitt troligen är bättre för cyklister i blandtrafik i mindre städer.

[9] I studien gjordes försök att använda trafikvolym som variabel vilket ledde till multikollinearitet med en korrektonsfaktor för överlappande rutter. Övriga studier lider inte av det problemet i samma utsträckning eftersom trafikvolym används som en kategorivariabel.

4.2.3 Korsning

För beräkning av värdet av korsningar är underlaget mer knapphändigt än på länknivån. Färre studier har adresserat frågan och egenskaperna hos korsningar är mer varierande vilket gör att olika studier ger olika specifikationer som i sin tur gör att jämförbarheten blir lidande. En annan skillnad mot länkvikterna är att avståndet genom en korsning inte är det väsentliga utan den totala fördröjningen som är beroende av signalreglering och/eller konflikterande trafikflöden.

I de studier som finns har man tittat på några centrala attribut för korsningar som biltrafikvolymer, signalreglering och svängriktning. Variablerna känns välmotiverade men kan vara tekniskt besvärliga vid en implementation. Biltrafikvolym kan i ett nuläge vara en mätvariabel medan det i ett framtidsscenario är en prognosvariabel. Som mätvariabel är trafikvolym ofta en variabel som sällan är heltäckande utan ofta kräver skarvning med modellberäknade värden. För prognosändamål kräver trafikvolymer att en utläggning av biltrafik görs först på ett gemensamt nät eller att variabeln kan länkas till cykelnätet från en exogen beräkning. Att göra detta är inte omöjligt men kräver en modifiering av dagens modellhantering.

Broach et.al. (2011) har med ett detaljerat datamaterial tagit fram värderingar för svängriktningar fördelat på trafikvolym, riktning och förekomst av signalreglering. Korsningar har olika komponenter av motstånd i sig, det ena är en trafikoberoende komponent genom att en komplicerad sekvens av svängar gör vägen svår att minnas och det andra är en hastighetsnedgång i samband med sväng. Dessa faktorer gör att rutter med många svängar blir mindre sannolika att välja. I det avseendet skiljer inte höger och vänstersvängar enligt Broach. I Tabell 8 redovisas resultaten från Broach (2012) och Hood (2011). I Broach finns antal svängar totalt med som variabel, antal svängar med höga trafikvolymer, samt signalreglerade korsningar. Hood (2011) skattar också effekten av svängar (”turns”) utan att i detalj specificera attributen och har heller inte med några ytterligare variabler. Det högre värdet i Hood kan möjligen förklaras av att attributet sväng även omfattar fördröjning som uppkommer vid konflikterande flöden.

Tabell 8. Svängmotstånd tolkat i kilometer. Olika källor.

Källa	*Attribut*	*Km*	*Metod*	*Plats, anmärkning*
Hood (2011)	Sväng	0.17 (km)	GPS	San Francisco
Broach (2012)	Sväng	0.12 (km)	GPS	Portland, ej pendling
Broach (2012)	Sväng	0.07 (km)	GPS	Portland, Pendling

Förekommer däremot signalreglering eller betydande koflikterande flöden tillkommer en komponent som har betydelse för såväl när man kör genom en korsning som om man svänger vänster. Vid högersväng drabbas man som regel inte av konflikt med korsande trafik vilket gör att inga ytterligare motstånd kunde estimeras för korsningar med mindre än 10 000 fordon

vardagsmedeldygn (VMD) utöver det tidigare omnämnda svängmotståndet (Broach, 2012). I tabellen nedan redovisas några olika korsningsrelaterade variabler tolkade som motstånd i kilometer.

Tabell 9. Tolkning av svängsmotstånd i km för olika korsningar enligt Broach,2012 för resor av genomsnittlig längd.

Typ av sväng och trafikvolym (VMD) i korsning	*Ej pendling*	*Pendling*
Höger utan signal 10k-	0,11	0,06
Vänster utan signal 10-20k	0,27	0,15
Vänster utan signal 20k-	0,71	0,38
Vänster, rakt med trafiksignal	0,06	0,035
Vänster, rakt utan trafiksignal 5-10k	0,11	0,06
Vänster, rakt utan trafiksignal 10-20k	0,174	0,1
Vänster, rakt utan trafiksignal >20k	1	0,537

Tabell 9 ovan bygger endast på en källa och ett större underlag hade varit önskvärt. Mest anmärkningsvärt är den relativt låga tolkningen av passage av korsning med trafiksignal som skulle motsvara bara några sekunders fördröjning. Det skall visserligen läggas till det generella svängstraffet och vid signalreglering är motståndet oberoende av trafikvolymen. Övriga korsningar som det finns värden skattade för är relativt högtrafikerade och motståndet för att passera korsningar med höga flöden är stort. I studien som tabellen bygger på fann man inga signifikanta skillnader mellan rak och vänstersväng vilket annars kunde vara förväntat då en vänstersväng har två konflikterande flöden från höger till skillnad från en rakt fram med endast ett flöde som kommer in från höger.

I Börjesson (2008) finns skattningar för motståndet att passera en signalreglerad korsning samt en skattad väntetidsvikt. Enbart förekomst av signalreglering motsvarar 1 minut (ca 0,25 Km) vilket är betydligt högre än det skattade värdet i Broach. Börjesson skattade även en väntetidsvikt på ca 2 vid trafiksignal. I en studie av Engelson och Envall (2013) mättes tidsfördröjningen vid två korsningar, en i blandtrafik och en med cykelbana, båda, med signalreglering. Fördröjnigen vid cykelbana skattades till ca 30 sekunder medan fördröjningen i blandtrafik skattades till ca 17 sekunder, båda estimat hade hög standardavvikelse. En tolkning av tiden i avstånd blir därmed ca 125 meter oviktat och med vikt enligt Börjesson 250 meter.

Vi kan konstatera att korsningar har betydelse och att både storleken på fördröjning och värderingen av korsningen är beroende på flödet i korsningen. Vid en tillämpning förefaller det viktigt att dels hålla ordning på om korsningen

är signalreglerad och dels på flödet i korsningen. Flödet i korsningen är i prognossituationer okända och måste i sådana fall beräknas ur en prognosmodell vilket inte är någon omöjlighet. Här har vi en tydlig parallell till värderingen av cykling i blandtrafik som även den var beroende av trafikvolymer på länk. Båda egenskaper talar för att cykel inte kan modelleras som en isolerad företeelse utan i mycket hög grad är beroende av biltrafikvolymer på alternativa länkar och konflikterande flöden i korsningar.

4.2.4 Höjdskillnad

Höjdskillnad eller motbacke ogillas av cyklister, frågan är hur illa cyklister tycker om motbackar. SP undersökningar har inte mycket att erbjuda då höjdskillnad är svårt att tolka för en respondent och lutning är erkänt svårt att avbilda på ett rättvisande sätt. Bland RP-studier är inte alltid kvantifieringen gjord på ett objektivt sätt i form av % eller grader. Återigen är tidigare nämnda referenser som gjort något användbart från vårt perspektiv. De finner att för pendlingsresor upplevs en km i lutning på mellan 2-4 % som 1,37 km (tabell 10).

Tabell 10. Värdering av lutning, vikt relativt plan väg.

	Lutning	*Ej pendling*	*Pendling*
Broach (2012)	2-4 %	1,72	1,37
Broach (2012)	4-6 %	3,90	2,20
Broach (2012)	≥ 6 %	12,06	4,24
Sener et.al. (2009)	”Moderate hills”		0,94
Sener et.al. (2009)	”Steep hills”		1,09

Storleksordningen på de rapporterade effekterna är svåra att värdera, särskilt de verbala beskrivningarna av lutning. Referenserna skiljer sig åt i kvalitativ mening där deltagarna i studien av Sener föredrar måttliga backar framför en väg helt utan kupering (som kan upplevas som monoton). Deltagarna i SP-spelet tvekar heller inte för branta backar utan har en förhållande låg vikt på detta, särskilt i förhållande till resultaten i den andra studien. Här upplever vi det som att SP-metoden har stora begränsningar och att en brant backe bara skulle upplevas som 10 % jobbigare än slät mark vid pendlingsresa är vi avvaktande till.

4.3 Förslag avseende initiala vikter för utläggning

Med bakgrund i de värderingar som finns att hämta i litteraturen utgår vi från följande uppsättning för att göra våra utläggningar. Motiv och diskussion följer.

Tabell 11. Vikter för länkattribut.

Attribut	*Vikt*
Cykelbana	1,0
Cykelfält	1,23
Blandtrafik - 50 Km/h	1,5
Blandtrafik 50 – 70	2,5
70 -	5,0
Höjdskillnad 2-4 %	1,37
Höjdskillnad 4-6 %	2,2
Höjdskillnad >6%	4,24

Basvikten är satt till 1 för cykelbana och andra egenskaper är satta i relation till det. Vid valet av vikt har vi tittat på det som framkommit i de svenska SP-studierna och hur de förhåller sig till RP-studierna som är gjorda på utländskt material. Vi har också eftersträvat att förhållandena mellan vikterna blir rimliga.

4.3.1 Korsning

Korsningar utgör en komplex trafiksituation där olika egenskaper kan beaktas. Det gäller både statiska attribut som utformning och exempelvis förekomst av signalreglering såväl som dynamiska attribut som trafikvolymer. Olyckligtvis finns inte signalreglering digitaliserad i exempelvis NVDB och därmed faller attributet bort. Vad som är enkelt att hantera är däremot att skapa attribut för svängriktning mellan olika typer av länkar och riktningar. Typ baserar vi på ingående trafikvolym i korsningen och på om länken är cykelväg, cykelfält eller blandtrafik. Trafikvolymerna som användes kodades från en nulägeskörning (2010) med en trafikmodell. Det trafiknät som trafikmodellerna baseras på utgör en liten del av det som vi använder som nät för cykelutläggning men det omfattar alla länkar med betydande bilflöden.

Den programvara[10] vi använder för nätutläggning kan hantera olika typer av svängstraff. Vi har använt oss av en klassindelning baserad på vilken korsningsvolym länken slutar i enligt tabell 9.

[10] Vi använder oss av en GIS-baserad programvara, TransCAD. Se www.caliper.com

5 UTBUD – NÄTVERK

Nätverken eller nulägesbeskrivningen av möjligheterna att ta sig fram med cykel är utan tvekan den största utmaningen i projektet när det gäller kvalitet och arbetsinsats[11]. Kartering och, det som är önskvärt för våra syften, digitalisering av cykelnätverk är tyvärr eftersatt. De planerings och modelleringsunderlag som finns tillgängliga är fragmentariska och av oklar kvalitet (källa regional cykelplan för Stockholm). Skälen är att cykeltrafiken inte har planerats utifrån ett systemperspektiv utan har betraktats som stråk eller korridorer. Utifrån ett sådant planeringsperspektivet kan man samla information om det relevanta stråket för problemlösning vilket är fullt tillräckligt. Det kan hända att det är det bästa man kan göra och ska göra. Ansatsen i vårt arbete är att cykel ska ingå som en del i ett systemperspektiv med inte bara cykel utan även konkurrerande och kompletterande färdmedel.

5.1 Vad är ett cykelnätverk?

Verklighetens transportnätverk för kollektivtrafik och bil är som regel tydligt avgränsade funktionellt och juridiskt. Avgränsningarna för cykel är som regel mer otydliga i dessa avseenden, ibland finns inte en tydlig gräns för var man *får* cykla och gränsen för var man *kan* cykla är ännu otydligare. Även om det är tydligt var man får cykla och inte så är regelefterlevnaden bland cyklister inte fullständig. En avgränsning för detta arbete får därmed bli pragmatisk eller av typen där man de facto cyklar och där vi har digitalt underlag för att beskriva detta. Ett cykelnätverk kommer därmed att innehålla cykelvägar, cykelfält, parkvägar samt de flesta bilvägar. Undantagna bilvägar är sådana som omfattas av förbud för cykeltrafik såsom motorvägar där vi också kan tro att regelefterlevnaden är god. Vi nöjer oss så länge med denna definition.
Ett digitaliserat nätverk består inte bara av länkar utan även av noder eller korsningar. Hur man får göra och kan göra i en korsning ges delvis av ingående länkars egenskaper. Vissa egenskaper hos korsningar kan härledas ur olika källor såsom konflikterande flöden.

De källor som finns tillgängliga är inte enhetliga eller kompletta. För att nå fram till något som kan fungera för projektets syften har flera datakällor slagits samman, redigerats och attributsatts. Vi kommer nedan att gå igenom källorna och de åtgärder som vidtagits för att skapa relevanta attribut.

5.1.1 Datakällor och kodning

Den nationella vägdatabasen (NVDB) är den grundläggande källan för geografiska data avseende vägtransportsystemet. Det finns inget krav på att cykelvägar och cykelfält ska ingå i NVDB men de kan göra det (NVDB, 2013). Det innebär att cykelnätet är ofullständigt på många håll eller saknas helt i vissa

[11] De framtagna nätverken är tillgängliga från författaren för forskning inom högskola och tillämpning inom offentligt finansierad verksamhet.

kommuner men också att det i andra kommuner har skett en god kodning. Det positiva är att det bara under 2013-2014 har tillkommit bra kodningar i flera kommuner (exempelvis Stockholm). Den snabba tillkomsten av kodade cykelnät gör att den digitala infrastrukturen för cykelplanering ser betydligt gynnsammare ut nu (2014) än vad den gjorde för bara något år sedan. När detta projekt inleddes saknades cykelnät för Stockholms kommun i NVDB vilket var ett stort problem. Cykelvägar för Stockholms kommun skarvades i med data från kommunen som sedan lades in i NVDB.

Vid sidan av de kodade cykelnäten finns även annan nyttig information för cykelplanering i NVDB. Vi kommer exempelvis nedan att betona betydelsen av att ta hänsyn till konkurrerande fordon i trafikmiljön och trafik i korsningar. Volymen av andra fordon i trafikmiljön finns endast i begränsad omfattning i NVDB eller andra källor. Fasta räknepunkter finns som regel på vissa större vägar, men på huvuddelen av nätverket så saknas uppmätta volymer. Det finns dock möjlighet att använda modellberäknade volymer. I projektet har vi utnyttjat volymer från en nulägeskörning med Lutrans[12] för att ta fram skattade trafikvolymer.

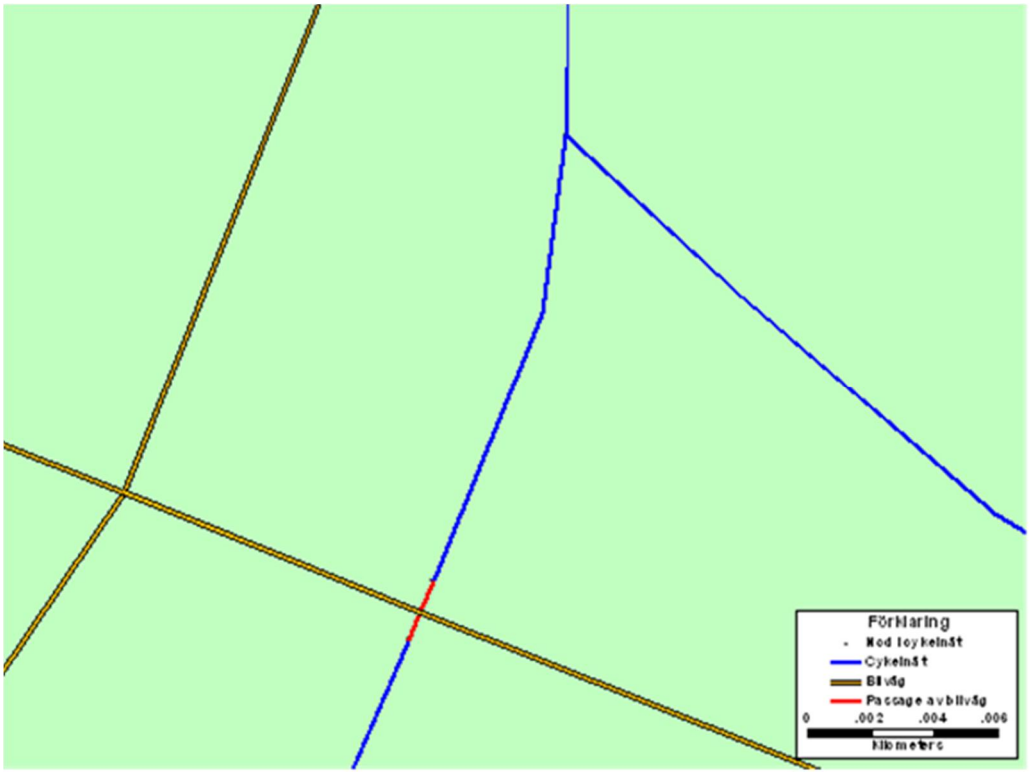
Open street map (OSM) är ett ideellt projekt där användarna har möjlighet att lägga in och redigera data samt göra uttag. Täckningen är fragmentarisk och kvaliteten oklar. Vi har lagt till ett fåtal länkar från OSM som kontrollerats mot sekundär källa som flygfoto eller lokalkännedom.

Med utgångspunkt i främst NVDB skapades initialt två attribut för cykelbana som är av fysisk karaktär dvs. de är definierade av sin existens och inte av hur de används av olika fordon exempelvis mängd cyklar.

- Cykelbana skild från väg
- Cykelfält i bilväg

En del av cykelbanan utgörs av passager av bilvägar som bara delvis är kodade i nätet. Cykelbana med passage av väg med biltrafik skapades därför genom skärning av olika GIS-skikt. I ett senare moment klassindelades passagerna med avseende på hur mycket trafik som går på korsande länk. Se figur nedan för kodningsexempel.

[12] Lutrans manual version 2.5.



Figur 1. Kodningsexempel för attributet passage av bilväg.

På cykelvägar och cykelfält hanterar vi inte konkurrens med annan trafik om utrymmet. På länkar med blandtrafik kan vi inte bortse från mängden biltrafik och hastigheten länkarna.

Länk med blandtrafik kodades efter tre attribut:

- Antal fordon per VMD kodat från nulägeskörning med transportmodell
- Klass enligt NVDB
- Hastighet för bil, riktningsspecifikt enligt NVDB.

Korsningar antas stå för en stor del av resmotståndet för cykel och det är beroende på trafikmiljön i korsningen. Korsningar klassades efter total inkommande volym i korsningen kodat på nod med tre eller fler inkommande länkar med svängstraff enligt tabell 9.



Figur 2. Bilnät med modellberäknade volymer och cykelnät där övergångarna ärver egenskap efter konflikterande volymer.

Det är ingen större tvekan om att lutning har potential att vara ett viktigt attribut i kuperade områden. Det kräver emellertid ett detaljerat kartmaterial för att beräkna lutning korrekt men visst stöd för det finns i GIS.

Nätverket har bearbetats i två olika GIS; ArcGIS och TransCAD. ArcGIS har använts för generella manipulationer av nätverket. TransCAD är ett GIS som är specialiserat på nätverksanalys och transportmodellering.

De flesta attributkodningar är okomplicerade med undantag för beräkning av lutning på väg/cykelbanan. Här använde vi oss av ett höjdraster med 50-meters upplösning som kodades på länkarnas start och slutnoder. 50-meters upplösning är i grövsta laget men det bedömdes fungera för syftet. Från nodernas höjd bildades höjdskillnader över länkarnas respektive riktning.

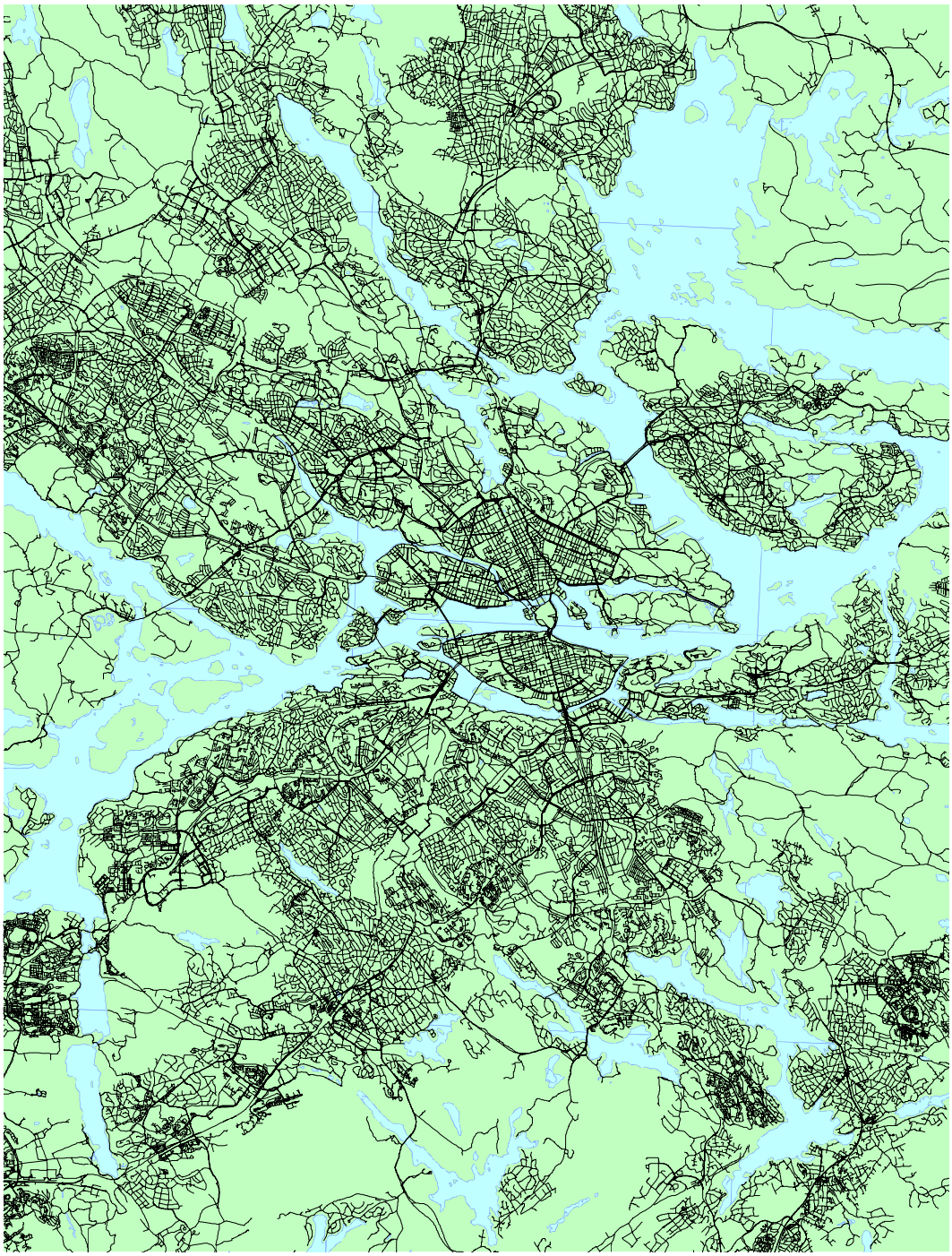
Efter kodning av attribut generaliserades nätverket så att länkar slogs samman där attributen inte skiljdes åt mellan sekventiella länkar. Sammanslagningen görs för att nätverksutläggningen ska gå snabbare men ska i övrigt inte påverka resultaten. För beräkning av höjdskillnad summerades endast motbacke i länkarnas respektive riktning och ingen hänsyn togs till att en cyklist eventuellt har med sig fart från en tidigare medbacke.

Det slutliga nätverket har 210 000 länkar och 171 000 noder, se Figur 3 för exempel från de centrala delarna av länet. Som jämförelse kan nämnas att EMME-nätverket har 10 000 länkar i Stockholms län. Nätverket är fördelat enligt tabell 12 på typ och längd.

Tabell 12. Beskrivning av nätverket för tillämpning.

Länktyp	*Antal*	*Medellängd*
G/C-bana	52993	84 m
Cykelfält	486	95 m
Blandtrafik	131494	150 m

Det största antalet länkar utgörs av 30-vägar som huvudsakligen går i bostadsområden.



Figur 3. Illustration av cykelnätverk.

6 EFTERFRÅGAN

För att göra en nätverksutläggning behöver vi en beräkning av efterfrågan för antalet resor med cykel fördelad på start- och destinationszon. Såväl cykel som gångresor beräknas i trafikefterfrågemodeller men inte med data av önskad kvalitet. I Sampers och Lutrans beräknas avståndet, som är den förklarande variabeln, med kortaste vägen via bilnätet. Avståndsberäkningen blir ganska bra medan rutten inte är den korrekta. Cykelbanor mm saknas helt i de nätverk som används i dessa modeller. Metoden kan ge upphov till systematiska fel genom att trängsel (med bilar eller andra cyklister) inte beaktas eller genom att graden av komplexitet i trafikmiljön inte är representerad på ett bra sätt. Modellen är emellertid estimerad och kalibrerad mot det avståndsbegrepp som ges av vägnätet och estimeringsunderlagets uppgivna resrelationer kan antas korrekta.

Efterfrågemodellerna är estimerade från RVU/RES för att representera ett genomsnitt av trafiken under året. För de flesta färdmedel är det måttliga variationer över året i efterfrågan och särskild hänsyn tas inte till säsongsvariationer utan prognosen motsvarar en situation i mellansäsong. Den grundläggande efterfrågan som beräknas för alla färdmedel i modellen kalibreras sedan mot en resvaneundersökning för att återge rätt antal resor per färdmedel och med en reslängdsfördelning som återfinns i resvaneundersökningen.

Nedan går vi igenom hur cyklingen fördelar sig över tid i olika dimensioner dygn, vecka och år. Vi gör det för att ge en grund till att diskutera vad som är den rimliga volymen att lägga ut på nätverket.

6.1 Cykelräkningar

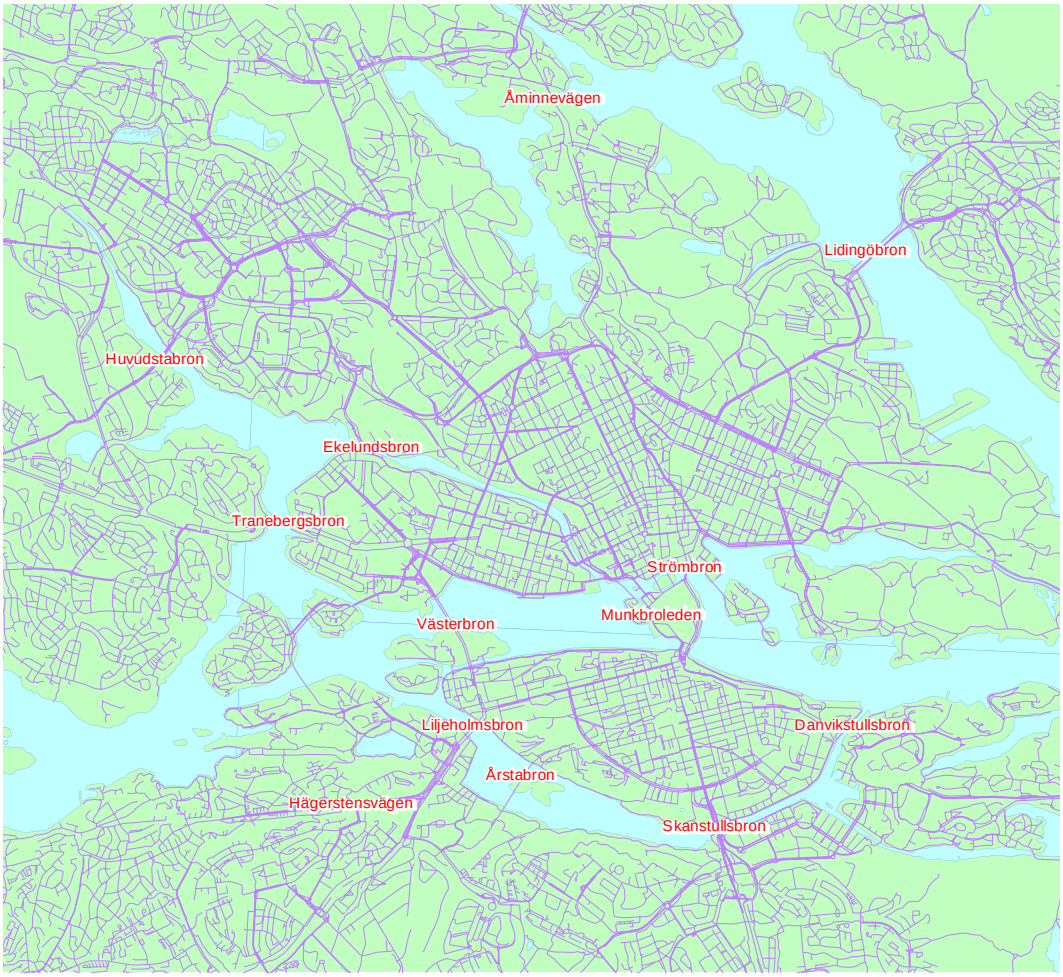
Trafikräkningar är en annan datakälla där man mäter efterfrågan på en viss länk. Räkningar är värdefulla för att validera ett modellresultat men lider av problemet att man inte entydigt kan identifiera en felkälla med ledning av en trafikräkning. En trafikräkning ger heller ingen information om vilket ärende som beräknats fel eller fel i en eventuell socioekonomi. Vår kunskap och erfarenhet om cykelräkningar är begränsad och det gäller även kunskap om cykelräkningars tillförlitlighet. Kända problem vid själva räknandet är exempelvis att cyklar tillverkade i kompositmaterial inte ger utslag i vissa räknare samt att barnvagnar däremot kan ge utslag. Cyklar i kompositmaterial kan möjligen bli ett problem för räknarna i framtiden men bland de cyklar som säljs idag är det huvudsakligen cyklar med bockstyre som börjar på drygt 12000[13] som har kolfiberram och inte vanliga pendlarcyklar. Barnvagnar däremot kan vara ett problem i vissa områden men hur stort det problemet är svårt att bedöma. Att det finns fel i räkningarna indikeras också av att det skiljer

[13] Begränsad kontroll av några hemsidor våren 2014.

i volym mellan räkningarnas riktningar på ett sätt som inte kan förklaras av varierande vägval.

Det finns ett antal problem associerade med cykelräkningar som skiljer från bilräkningar. Ofta utförs och tolkas emellertid bil och cykelräkningar på samma sätt vilket skapar problem. Cykelräkningar är exempelvis mycket känsliga för säsong, väder och störningar tidigare på rutten. En veckas räkning kan fungera för att skatta ett bilflöde men råkar det vara ett par regndagar under mätperioden blir resultatet oanvändbart för cykel. Likaså kan en period med genomgående bra cykelväder ge en överskattning av volymerna.

Sedan 2012 finns ett antal helårspunkter i Stockholm som räknar cykelpassagerna per kvart året runt. Den första januari 2014 tillkom ytterligar några räknepunkter som vi också utnyttjat för att skatta trafikflödet 2012. Räkningarna där värdena skattats särredovisas. Det finns perioder med bortfall men i huvudsak verkar räkningarna vara av rimlig kvalitet. I figuren nedan visas platsen för dessa.



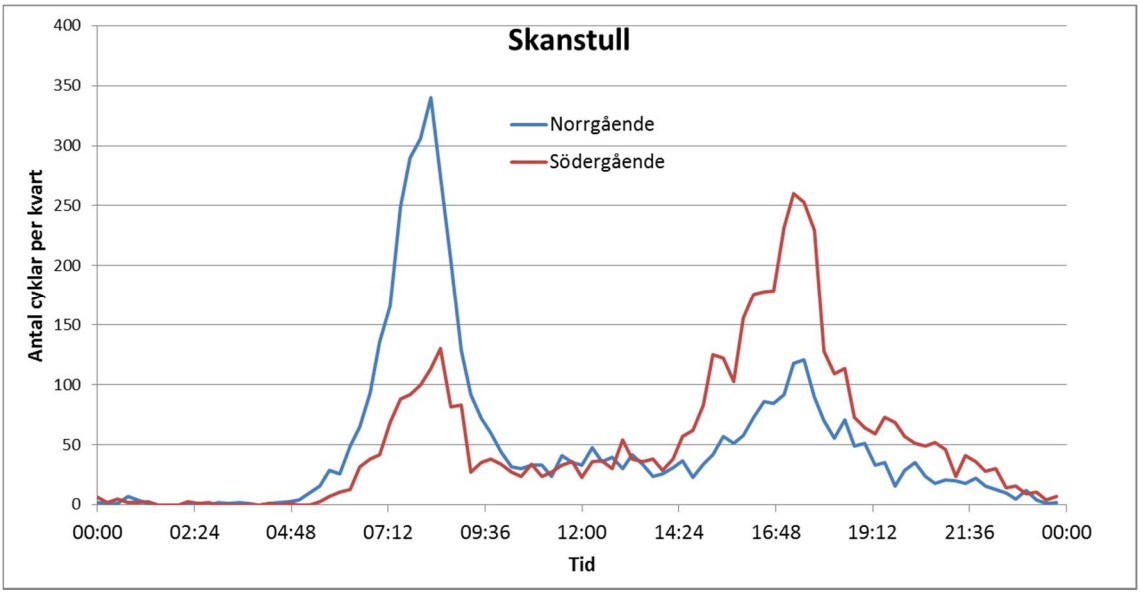
Figur 4. Räknepunkter i cykelnätet.

En större täckning av länet hade naturligtvis varit önskvärd. Det hade också varit önskvärt med mätningar på tvärförbindelser. Då det pågår ett arbete med

att förtäta antalet fasta räknepunkter är det troligt att det tillkommer räknepunkter på tvären och längre ut, främst längs det regionala cykelnätet i länet.

6.1.1 Fördelning över dygnet

I detta projekt kommer vi inte att lägga ut cyklisterna på nätet under maxtimme utan för hela dygnet. Det är dock bra att ha en bild av hur dygnsefterfrågan är fördelad enligt räkningarna. I Figur 5 nedan visas räkningar per kvart tisdagen den 8e oktober 2013 vilket var en varm dag. Trots regn under dygnet var det fler cyklister än under en genomsnittlig vardag under månaden. Tidsprofilen skiljer inte mellan den i figuren och andra räkningar på infarterna till innerstaden.

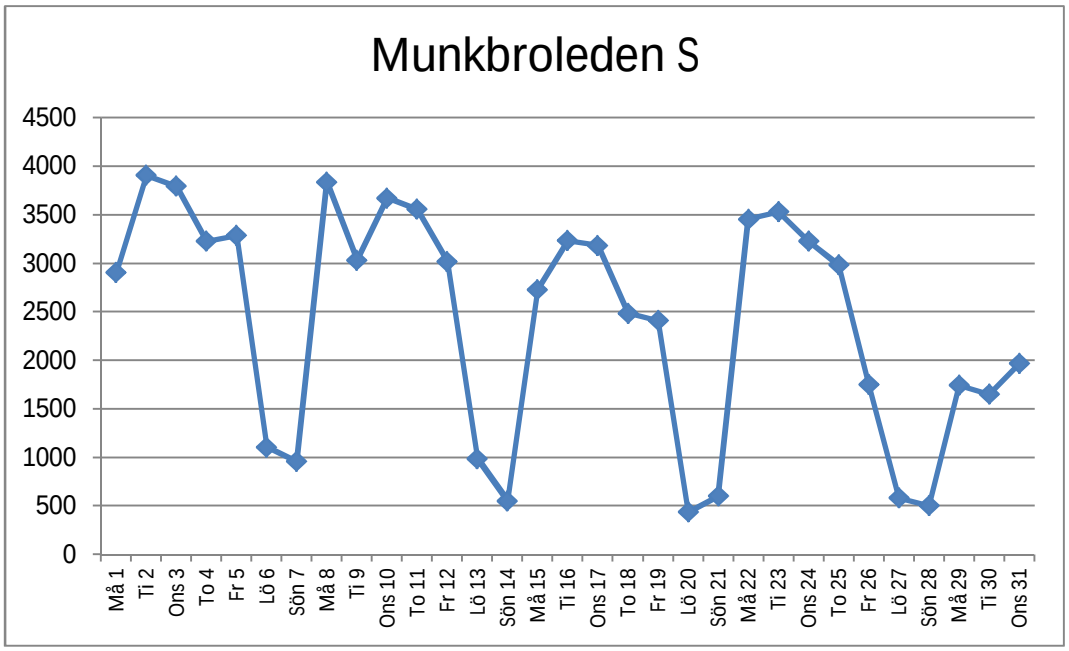


Figur 5. Flöden per kvart vid Skanstull tisdagen den 8 oktober 2013.

Dygnsprofilen för cykel är toppigare än motsvarande för bil och mellantrafiken är mycket låg. Mellan enskilda dagar en månad kan antalet cyklister halveras från en dag till en annan beroende på temperatur och nederbörd. För valideringsändamål är korta perioder inte meningsfulla utan långa medelvärden är att föredra. Detta ligger till grund för att använda ett begränsat antal räkningar som finns för helår. Vi väljer att göra modelljämförelser för 2012 eftersom det året var det mest normala av åren 2012, 2013 (sen vår) och 2014 (tidig vår).

6.1.2 Fördelning över veckan

Variationen över veckan visas i Figur 6. Med cykel försvinner vissa ärenden som är frekventa under helgerna i hög utsträckning, som exempelvis inköp och att skjutsning vilket syns tydligt i figuren.



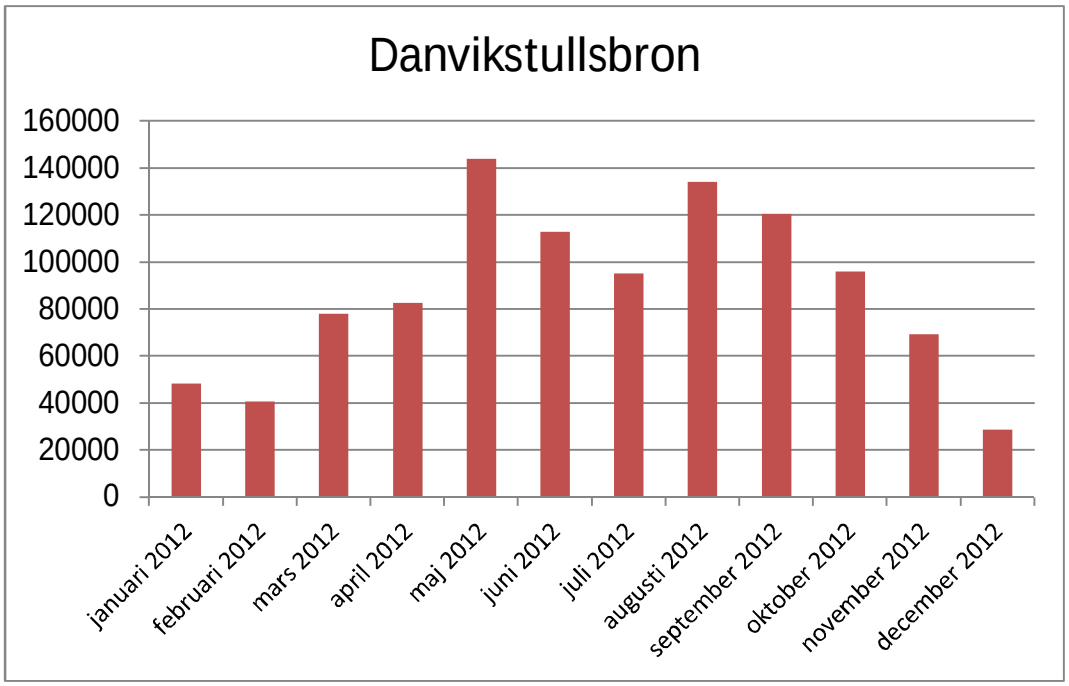
Figur 6. Trafikflöden på Munkbroleden södergående under oktober 2012 per dygn.

6.1.3 Fördelning över året

Variationen över året skiljer med en faktor 5-10 mellan högsta och lägsta månadsvärde på de olika mätpunkterna. Maj och augusti är de månader flest cyklar medan vintermånaderna december-februari har få cyklister. En kraftigt varierande efterfrågan i trafiksystemen är sällan önskvärt av flera skäl. Byggs ett system ut för att klara maxkapaciteten, som är ett smalt tidsfönster, blir det följaktligen överkapacitet under övrig tid. Anläggningar i cykelsystemet är inte särskilt dyra men däremot kan central mark vara det.

Variationen över året och mellan enskilda dagar beroende på väder gör också att det inte går att dra ner kapacitet i exempelvis kollektivtrafiken till följd av en genomsnittlig ökning av cyklingen.

För valideringsändamål behöver vi på något sätt gå från år till vardagsmedeldygn. En omräkningsfaktor som används för bil är att dela årsvärdet med 320 och i brist på annat gör vi det även här. Det här är ett område där det kan behövas en insats för att reda ut statistiken kring cykel.



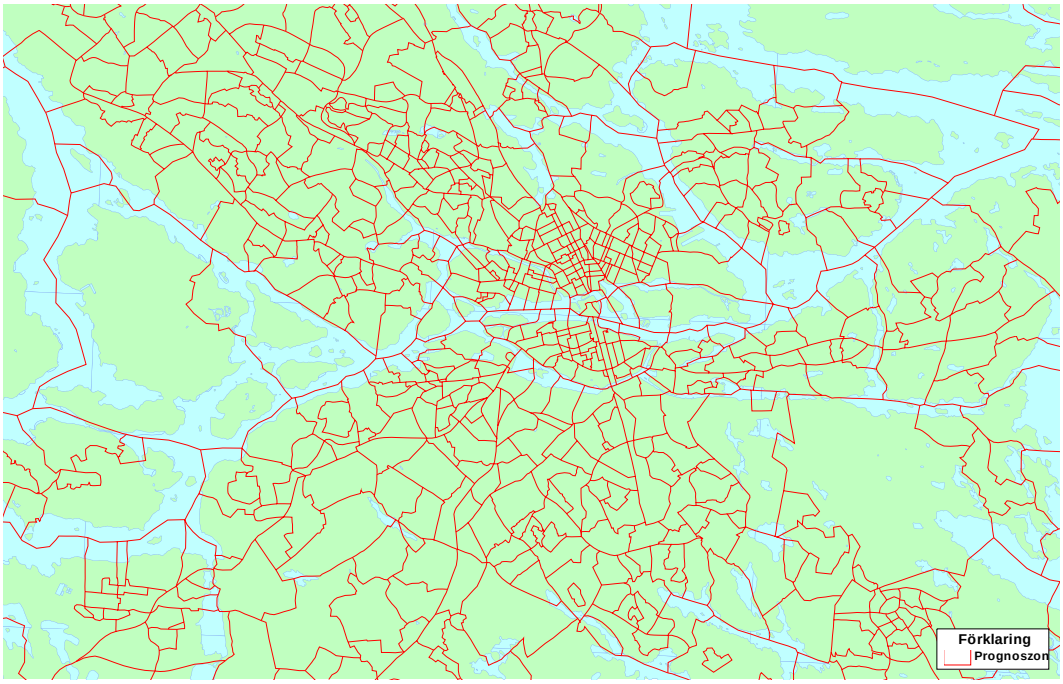
Figur 7. Variation over året.

6.2 Modellbaserad efterfrågan

Med ledning av det som visades ovan från räkningarna är det inte självklart vad som är den representativa efterfrågan för cykel. För att få konsistens med övriga färdmedel är vardag september – maj att föredra men för dimensionering och analys av en nytta som är mer färdmedelsspecifik kan andra volymer vara att föredra.

Den modellberäknade efterfrågan som använts utgår från en matris genererad med Lutrans. Lutrans är kalibrerad mot vardagar under september – maj ur RVU05/06 och vi har därefter räknat upp antalet resor med cykel proportionellt mot befolkningsökningen fram till 2012. Ingen kalibrering mot räkningar har gjorts eller annan handpåläggning för efterfrågematrisen. Lutrans genererar en efterfrågematris som är bostadsbaserad dvs. från hemmet till målpunkten som är zonen dit exempelvis arbetsresan, skolresan eller inköpsresan går. För att få hela turen lägger vi även ut transponatet (hemresan) av efterfrågematrisen. Vi lägger således ut hela dygnet.

Den zonstruktur som modellen jobbar med utgörs an 1240 zoner i Stockholms län. Storleken på zonerna varierar från ett par kvarter i de centrala delarna av länet till stora zoner i glest bebodda områden (se Figur 8).



Figur 8. Zonindelning i de centrala delarna av Stockholmsregionen.

7 RESULTAT FRÅN NÄTVERKSUTLÄGGNING

Utläggningen av cykelresorna på nätverket görs efter kortaste vägen och med de vikter som redovisats ovan. Det är fullt möjligt att genomföra en nätverksutläggning för cykel enligt samma jämviktsbegrepp som för bil dvs. jämvikt under trängsel men det kräver skattade trängselfunktioner för cykel vilket ännu inte finns. Trängsel i cykelnätet förekommer endast på ett fåtal ställen för närvarande i Stockholm och under en begränsad period.

De volymer vi lagt ut avser dygn inklusive transponat av efterfrågematrisen dvs. resorna fram och åter. Eftersom utläggningen sker enligt (viktad) kortaste väg går det snabbt, ett par minuter, trots ett stort nätverk. Algoritmen använder datorns alla tillgängliga kärnor.

Valet att använda deterministisk utläggning utan trängsel ska ses mot bakgrund av att nätverksutläggning för cykel är ett omoget område. Risken med metoden är att jämvikten blir instabil.

7.1 Kalibrering

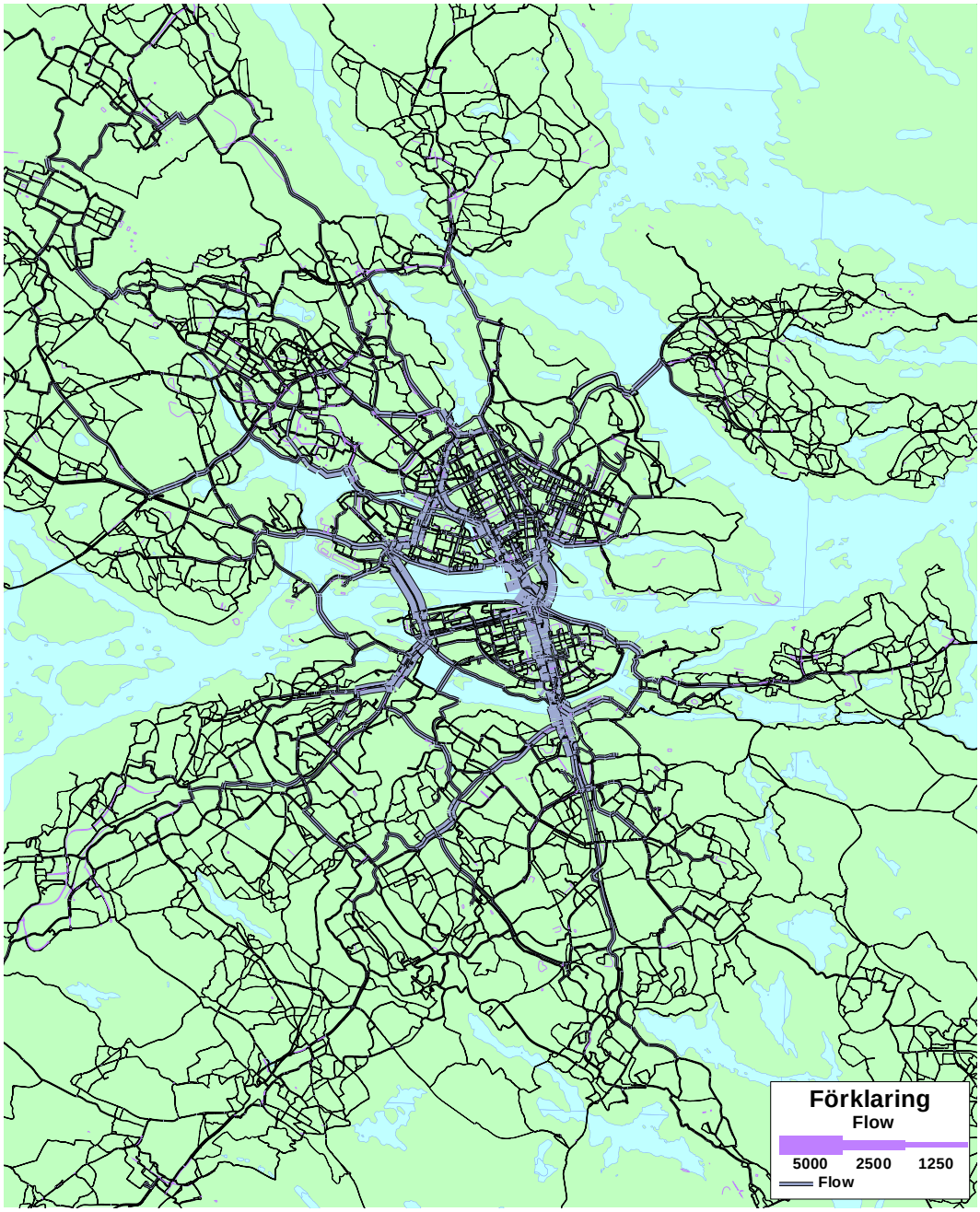
Med kalibrering i nätverksutläggningen avses att man justerar efterfrågematrisen med hänsyn till räkningar. En sådan kalibrering har ingen tolkning beteendemässigt men kan vara motiverad när korrekta volymer är viktigt exempelvis vid dimensionering och vid studier av förändringar i ett nuläge. Här är vi inte intresserade av att få en anpassning genom kalibrering utan snarare att tydliggöra eventuella problem gentemot räkningar. Därför har ingen kalibrering gjorts mot räkningar.

Även om vi inte gjort kalibreringar i egentlig mening har volymernas rimlighet använts för att justera kodningsfel i nätverket. Flödesdiagram som de som redovisas nedan har använts för att identifiera felkodningar i nätverket men inte till att justera den grundläggande efterfrågan.

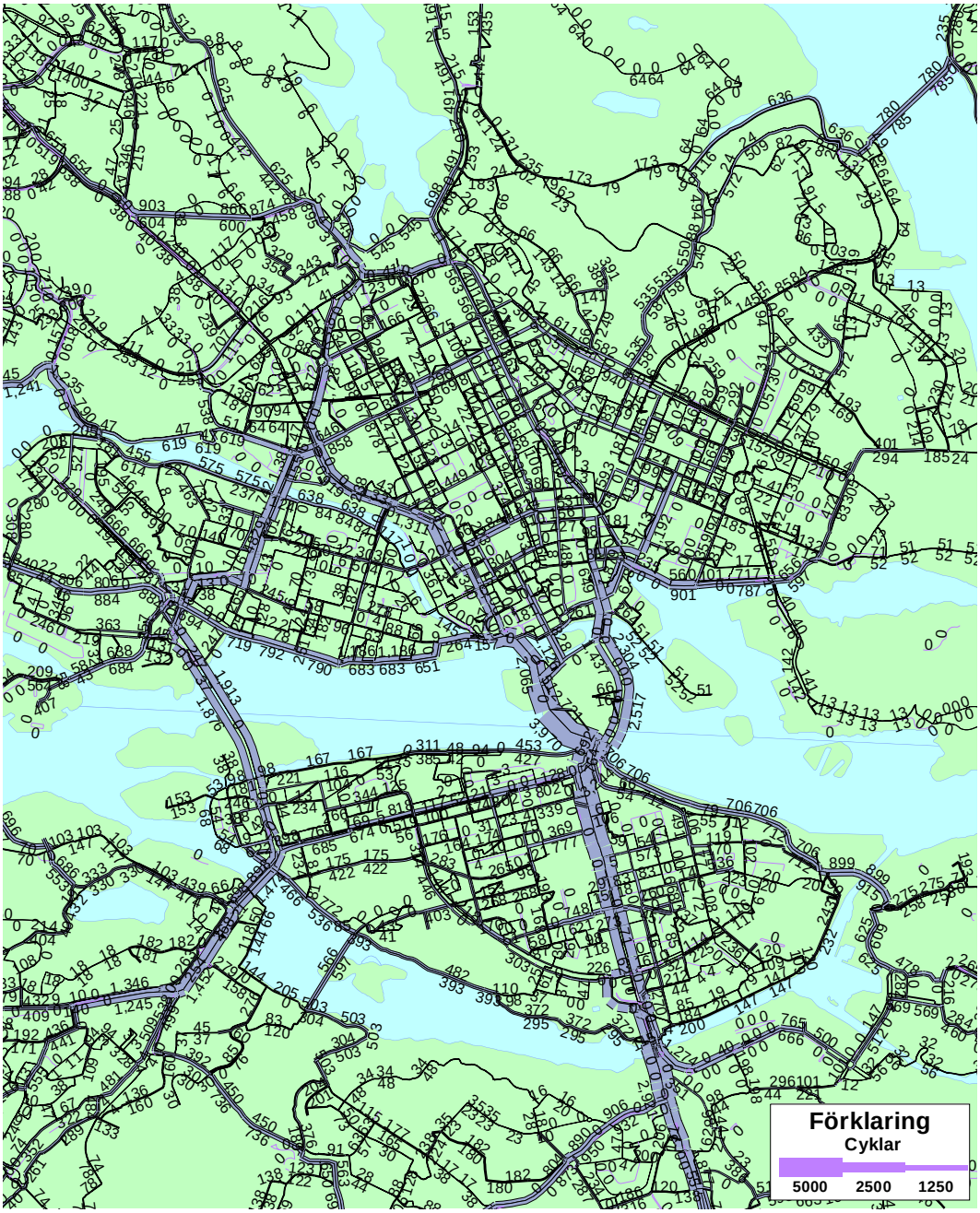
7.2 Resultat på nätverket

Vi redovisar beräkningarna på gängse sätt med volymer längs länkar och sedan med figurer för räknepunkter. Flödeskartor som i Figur 9 och Figur 10 är användbara för att ge ett första intryck av resultatens rimlighet och de kan ge information till praktiker med kännedom om räkningar. Eftersom det inte finns någon större vana att studera dessa traditionella flödeskartor för cykel är de svåra att kommentera och de infogas mest för ordningens skull. De har dock varit värdefulla för framtagningen av nätverket och justering av uppenbara fel i kodningen.

De största flödena är centralt i staden och på infarterna. Vi kan notera att flera av de största volymerna passerar ganska problematiska cykelmiljöer som Munkbroleden, Hornstull, Slussen, Götgatan och Skeppsbron. Inom ca 1,5 mil från regioncentrum är det fortfarande betydande volymer men längre ut tunnas det ut mer och mer.



Figur 9. Volym cykel per dygn.

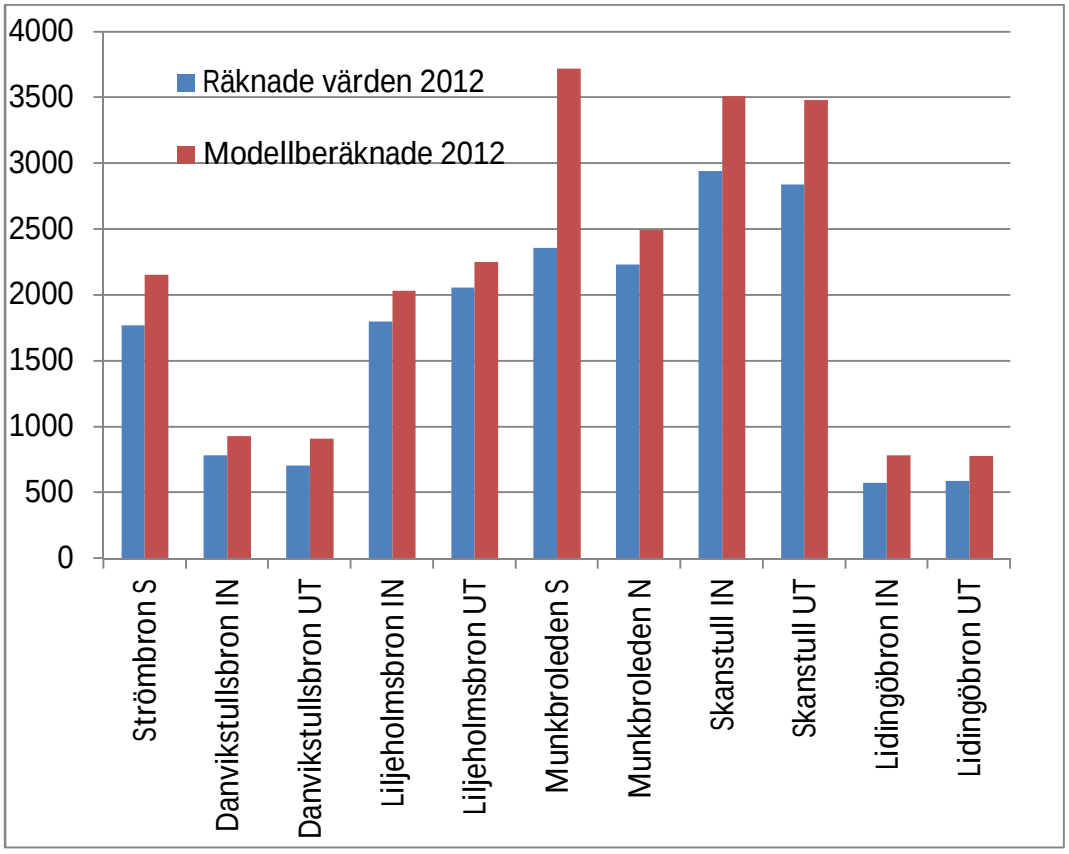


Figur 10. Volym cykel i Stockholms innerstad.

I Figur 10 visas de centrala delarna av länet med dygnsvolymer. I dagsläget har nog de flesta svårt att relatera till volymer i cykelräkningar tillskillnad från situationen för bil.

7.3 Jämförelse mot räkningar

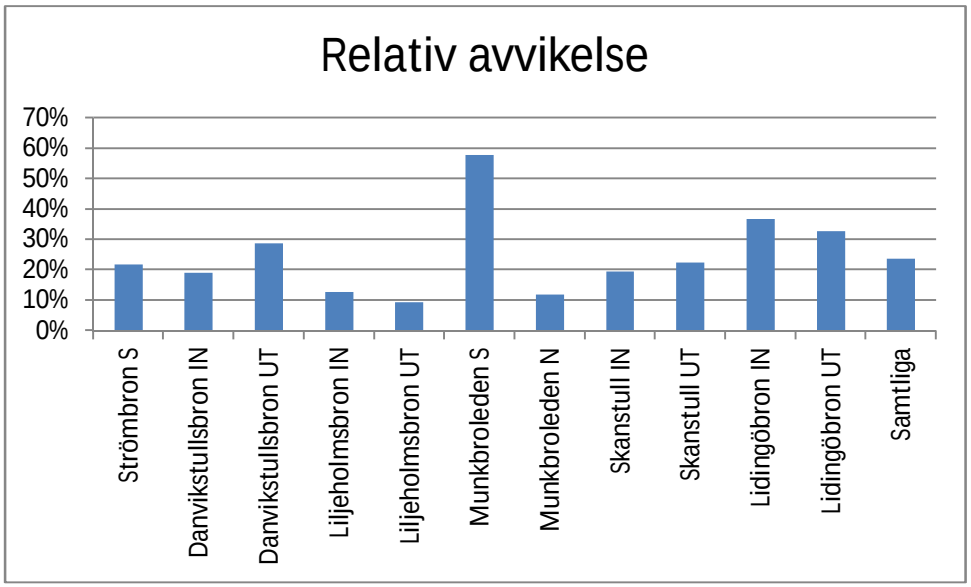
Vi har tidigare redovisat räkningar och de egenheter som skiljer cykelräkningar mot bilräkningar. I studien jämför vi mot ett antal traditionella räknesnitt i Stockholm där räkningar sker under hela året med en upplösning i tid på kvart. Från dessa räkningar har vi försökt skapa något som motsvarar modellens kalibreringsmål dvs. en vardag under september – maj. Modellen hanterar således inte de två månader med mest cykeltrafik.



Figur 11. Jämförelse mellan trafikräkningar och modellberäknade värden för 2012.

I Figur 11 och Figur 13 visas räknade värden respektive värden för 2012 som skattats från räkningar samt modellberäknade värden. Vi kan konstatera att i Figur 11 är de modellberäknade värdena genomgående högre. Med tanke på att de modellberäknade volymerna aldrig justerats mot sekundära data är det antagligen ett problem som kan åtgärdas genom att justera antingen uppräkningen från trafikräkningen eller genom att kalibrera nivån på cykel. Även om man bortser från nivåskillnaden går det inte att förklara bort skillnaden för Munkbroleden södergående. Det är knappast ett vägvalsproblem i nätverket eftersom även volymerna på Strömbron i samma riktning är höga.

I Figur 12 visas relativ avvikelse och där utmärker sig är förutom Munkbron även Danvikstullsbron och Lidingöbron. Övriga värden förhåller sig inom eller i närheten av + 20 % från räknat värde.

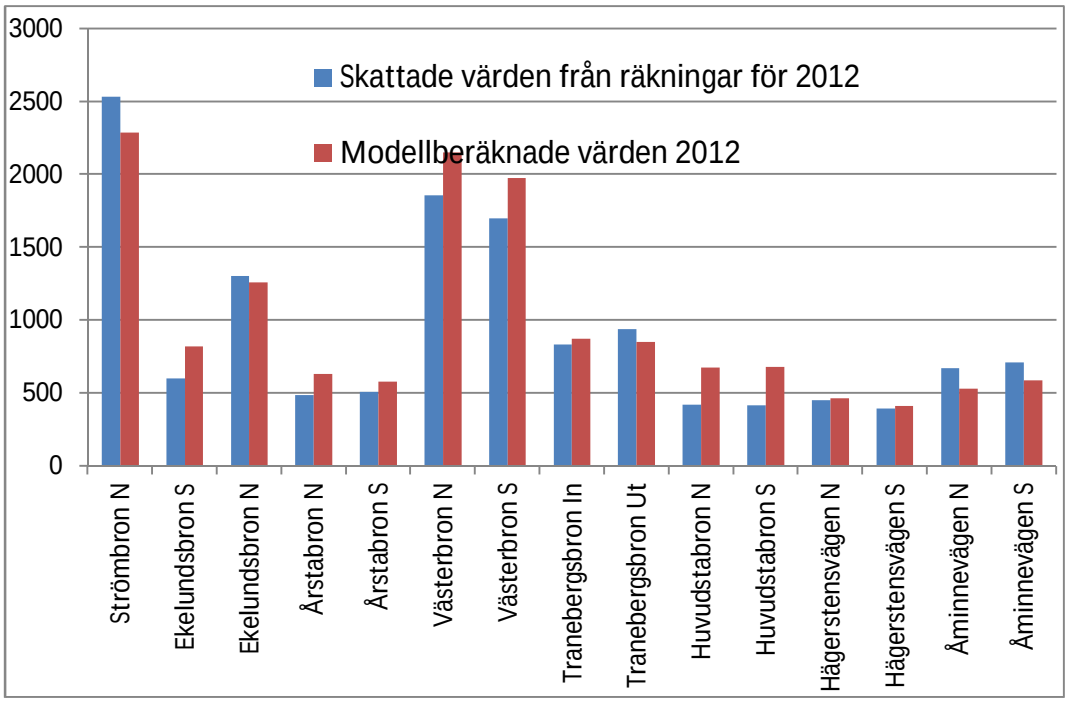


Figur 12. Relativ avvikelse mellan modellberäknade värden och för räkningar, 2012.

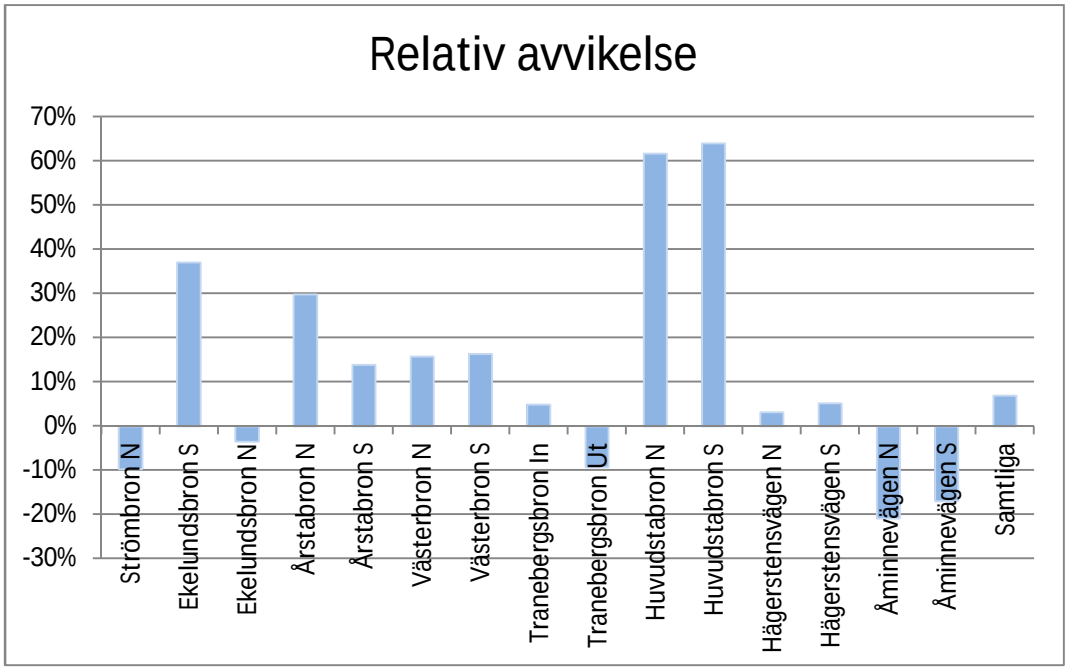
Räknade data för 2012 är inte kompletta i förhållande till kartan i Figur 4 utan några räknare tillkom först 2014 och resultat från dessa har räknats om efter bästa förmåga för att motsvara 2012[14]. Några räkningar ligger lite längre ut och några mindre trafikerade punkter tillkommer. Med räkningar från Västerbron tillkommer en pusselbit för Saltsjö-Mälarsnittet. Räkningarna från Västerbron förstärker intrycket att efterfrågan centralt är överskattad i modellen. Orsaken till det kan helt enkelt vara att det avstånd efterfrågan beräknats med inte är korrekt, utan att resuppoffringen centralt är större än vad vägavståndet ger uttryck för och att det systematiskt skiljer mellan centrala dela och områden längre ut. Det är väl egentligen det vi ger uttryck för genom ansatsen att inte betrakta resuppoffring som avstånd. Andra faktorer som kan påverka är parkeringsmöjligheter centralt och att det är andra typer av jobb centralt som påverkar benägenheten att cykla (ex. man åker inte gärna cykel i kostym).

I det utökade materialet har vi avvikelser åt båda håll även om det generella mönstret fortfarande är att modellen ger högre volymer än räkningarna. Avvikelsen är störst för Huvudstabron, Ekelundsbron södergående och Årstabron, övriga håller sig inom en avvikelse på 20 %.

[14] Vi utnyttjade de räknare som har värden för hela perioden för att skatta en omräkningsfaktor från 2014 till 2012.



Figur 13. Jämförelse mellan trafikräkningar baserade på skattningar för 2012 från 2014 och modellberäknade värden.



Figur 14. Relativ avvikelse mellan modellberäknade värden och för värden skattade från räkningar.

Avvikelser mellan modell och räkningar är lärorika och skall ses mot bakgrund av att detta är vad vi vet första gången ett ambitiöst försök har gjorts att lägga ut cykelresor på nätverk i Sverige. Den genomsnittliga avvikelsen är 24 % bland de

räknade värdena och 21 % bland de värden som jämförts med skattade räknevärden. Avvikelser i den storleksordningen är inget ovanligt i för biltrafik som inte gradientjusterats[15]. Då ska man komma ihåg att modellerna och nätverken för bil har bearbetats under ca 30 år. Nivåjusterar men modellen (eller räkningarna) genom ett kalibreringsförfarande skulle avvikelsen bli ca 9 %.

Även om räknepunkterna ligger på rimligt snälla ställen i betydelsen att det inte finns jämnbördiga alternativa vägar där små kodningsskillnader kan ställa till det är resultaten bättre än vad åtminstone vi som jobbat med projektet förväntat oss.

[15] Metod där man anpassar efterfrågematrisen att stämma med räkningar.

8 SLUTSATSER OCH FORTSATT ARBETE

Projektet är ett första försök att ta fram och använda ett cykelnät för nätverksutläggning av cyklister. Ska cykel integreras i den modellbaserade planeringen bör fortsatta studier vidtas. I slutsatserna uttrycker vi tveksamhet inför att ha cykelnät i de regionala modellerna och att göra nätverksutläggning på den nivån med hänsyn till arbetet med att ta fram nätverk. I urbana modeller som täcker enskilda funktionella regioner är arbetsinsatsen mer motiverad. Tänker man sig att hantera cykel som anslutningsfärdmedel till kollektivtrafik får man lite stordriftsfördelar av ett cykelnätverk vilket skulle göra arbetsinsatsen mer motiverad. Alla transportanalyser behöver inte heller vara kopplade till efterfrågemodeller utan det kan vara av intresse att exempelvis studera tillgänglighet, säkerhet och kvalitet i nätverk utan efterfrågemodell.

För att dra full nytta den nu påbörjade ansatsen med utläggning av cykel på nätverk med viktade länkattribut bör efterfrågemodellen för cykel skattas om. Det finns emellertid fler modellegenskaper av teknisk natur att fundera över.

I utläggningen av cyklisterna har vi använt en så kallad statisk makromodell med begränsad hantering av interaktion mellan olika fordon och trafikantgrupper. Vi gjorde vidare en deterministisk nätverksutläggning med en homogen grupp av cyklister. En enkel utveckling är att göra utläggningen stokastisk och därmed lätta på antagandet att alla cyklister uppfattar nätverket på samma sätt. Genom att göra utläggningen stokastisk skulle vi inte säga något om hur de värderar olika egenskaper bara införa en spridning från den bästa vägen.

En mer långtgående förändring är att överge den statiska modelltraditionen och simulera cyklarna i mikro. I den urbana modell som trafikverket avser att utveckla för biltrafiken är det en sådan dynamisk modell som avses. I en mikroansats skulle man explicit kunna ta hänsyn till fordonsinteraktion och få med störningar mellan bilar, cyklister och bussar. En mikroansats för cykel måste dock i nuläget betraktas som experimentell och förutsätter fortsatt forskning.

Referenser

Björklund G., Carlén B. (2012) ”Värdering av restidsbesparing vid cykelresor”, *VTI notat 26-2012*.

Broach J., Gliebe J., Dill J, (2011) “Bicycle route choice model developed using revealed preference GPS data”, TRB 2011 Annual Meeting

Börjesson M. (2008) ”Värdering av tid och bekvämlighet vid cykling”, WSP-rapport 2008:23 för Trafikverket.

CyCity: www.cycity.se

GC-Kalk, Manual och bakomliggande formler, Version 1.

Hood J., Sall E., Charlton B. (2011) “A GPS-based bicycle route choice model for SanFrancisco, California”, *Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research (2011) 3: (63-75)*

Almroth A., Berglund S., Canella O., Engelson L., Flötteröd G., Jonsson D., Kristoffersson I., West J., “Further development of SAMPERS and modeling of urban congestion” CTS-rapport No. 2014:10.

NVDB (2013) Dataproduktspecifikation – Det Svenska vägnätet, Version 1.0, 2013

Sener N., Eluru N., Bhat C.R. (2009) “An analysis of bicycle reoute choice preferences in Texas, US”, *Transportation (2009) 36:511-539*.

Tilahun N.Y., Levinson D.M., Krizek K.J. (2007), “Trails, lanes, or traffic: Valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey”, *Transportation Research Part A*.