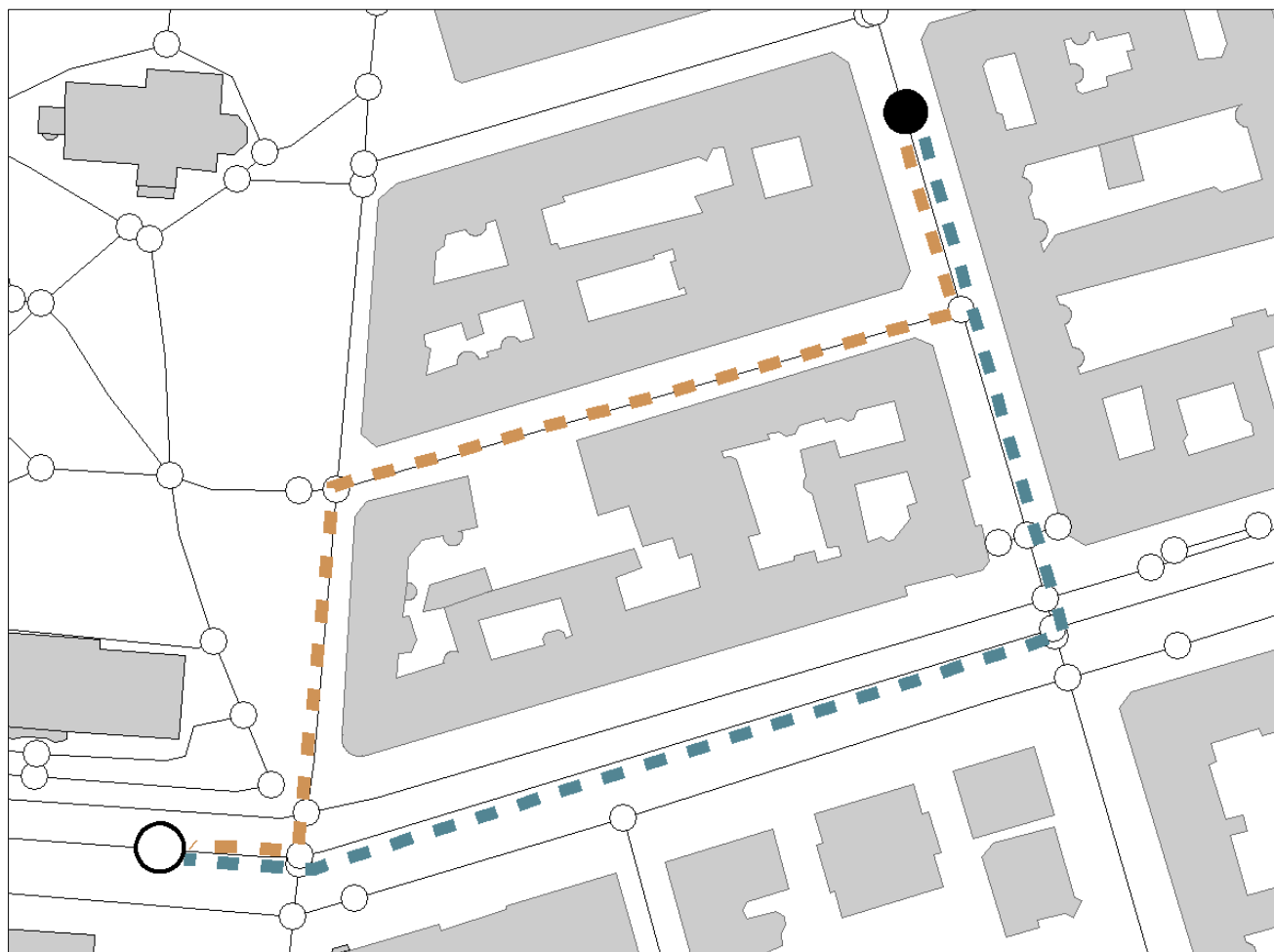




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Vägval i stadsrummet

Vilka vägar väljer vi när vi går genom staden?

Examensarbete i Arkitektur

LEONARD NILSSON

**Vägval i stadsrummet – Vilka
vägar väljer vi när vi går genom
staden?**

**En undersökning av vilken
färdväg vi väljer att gå, på
väg till
kollektivtrafikhållplatser.**

Leonard Nilsson

Wayfinding in the city

How we choose our way, when making our trips through the streets in the cities?

Leonard Nilsson

© Leonard Nilsson, 2015.

Department of Architecture

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telephone + 46 (0)31-772 1000

Cover:

The image shows two possible routes, with different kind of impedance, to choose when walking from one point to another in the built environment.

Göteborg, Sweden 2015

Wayfinding in the city

How we choose our way, when making our trips through the streets in the cities?

LEONARD NILSSON

Department of Architecture

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Summary

Which paths do we choose among all roads and streets when walking through the built environment? In our daily trips to different destinations in cities, we are making choices which street to use and where to turn.

There are several theories about how spatial configuration and road networks are influencing our choices. Some theories say that we consider shortest route length or shortest travel time as determining parameter. On the other hand, there are theories that say the cognitive efforts required in turn choices and direction changes have greater impact on determining the route.

The aim of this thesis was to compare different models for wayfinding by foot to public transport nodes, in order to answer the question which factors are most important for our choices of route.

The method used in this thesis was to compare different models of pedestrian trips. The models in this study were; length-based model, time-based model considering slopes, cognitive model counting the number of turns made, cognitive model summing the turn angles, and finally a model that is only considering the distance as the crow flies. Multiple regression analyses were performed to calculate which model provided the best correlation with the number of travelers in the public transport nodes.

The result is that the length of the route is the most determining factor in our wayfinding to public transportation nodes. The extra effort required to overcome heights in our way does not seem to matter that much. That might be because our mental maps seem to be two-dimensional. The cognitive effort needed to change direction where needed, does not seem to influence the choices as much as the length in this study. Finally, distance as the crow flies does not seem to determine our choice as much as the other models.

This report is written in Swedish.

Keywords: Wayfinding, Public transport, Space syntax, Network analysis

Sammanfattning

Varför väljer vi att gå de vägar vi gör? När vi dagligen går till olika ställen i staden måste vi hela tiden välja vilka vägar vi ska ta och när vi ska svänga till en annan väg.

Det finns flera olika teorier om hur stadsrummen och gatorna styr våra vägval. Dels finns det sedan länge teorier om att det är längden på vägen eller tiden det tar att tillryggalägga en sträcka, som styr våra val. Dels finns det teorier om att det är stadsrummens inbördes konfiguration och sammankoppling som påverkar våra val. Detta genom att styra den kognitiva ansträngningen som krävs när man måste svänga eller byta riktning.

Syftet med denna studie är att jämföra olika modeller för hur vi väljer vår väg till kollektivtrafikhållplatser, för att utröna vilka faktorer som har störst påverkan på vårt val av väg.

Metoden i studien är att jämföra olika modeller för förflyttning till fots. Modellerna i studien är: längdbaserad modell, längdbaserad modell som tar hänsyn till lutningar, kognitiv modell baserad på antalet svängar, kognitiv modell baserad på vinkelsumman av alla svängar och slutligen en så kallad buffertmodell, vilken bara tar hänsyn till fågelvägen mellan entrépunkt och hållplats. En multipel regressionsanalys gjordes mellan summan av antalet boende per hållplats enligt modellerna och antalet resande per hållplats.

Resultatet är att det är längden som den faktor vilken påverkar vårt val av väg till största delen. Att ta med den extra tiden det tar för att överkomma höjdskillnader verkar bara försämra modellens prediktionsförmåga. Det finns ett visst stöd i litteraturen för att detta kan bero på att våra mentala kartor verkar vara tvådimensionella. Den kognitiva ansträngningen som krävs för att byta riktning längsmedvägen verkar inte spela lika stor roll vid den studerade typen av förflyttningar. Slutligen så verkar modellen med fågelavstånd ha den sämsta prediktiva förmågan.

Förord

Arbetet med detta examensarbete har pågått under en mycket lång tidsperiod och vägen fram till denna rapport har varken varit rak eller enkel. Att utifrån skilda teoribildningar och paradigms försöka utvärdera, jämföra samt sammanföra modeller och metoder har krävt mycket eftertanke och några steg ut i det okända.

Under tiden jag har arbetat med detta har jag haft ett stort utbyte av mina diskussioner med Anders Hagson och Lars Marcus. Icke att förglömma är också det administrativa stödet från Susanne Grill på institutionen för arkitektur. I slutskedet av rapportskrivningen har jag fått ett stort stöd i form av synpunkter på de vetenskapsteoretiska och språkliga aspekterna från mina föräldrar: Kerstin Öhrn och Staffan Nilsson.

Slutligen hade inte varit möjligt att slutföra detta examensarbete utan tålamodet och stödet från min handledare Jonas Tornberg. Förutom den vetenskapliga diskussionen har Jonas lotsat mig genom de formaliteter som omgärdar arbetet och varit ett pådrivande stöd under de perioder där arbetet tycktes köra fast.

Summary	1
Sammanfattning	2
Förord	3
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.1.1 Framväxten av datorbaserat stöd för planering	8
1.1.2 Utvecklingen av teorier och modeller	8
1.1.3 Utgångspunkter	9
1.2 Definitioner	10
1.3 Teori	11
1.4 Syfte	11
1.5 Avgränsningar	12
1.5.1 Typ av förflyttning	12
1.5.2 Syfte med förflyttning	12
1.5.3 Studerat område	12
1.5.4 Teoretiska avgränsningar	13
1.6 Frågeställningar	13
2 Metod och material	14
2.1 Inledning	14
2.2 Konstruktionen av nya modeller i denna studie	15
2.2.1 Modeller för teorier om metrisk impedans	16
2.2.2 Modeller för teorier om kognitiv impedans	17
2.2.3 Modellstöd från områdesfakta	18
2.3 Tidigare använda modeller	18
2.3.1 Buffertzoner	18
2.3.2 Upptagningsområde	19
2.4 Utelämnade faktorer	20
2.4.1 Behov av kollektivtrafik beroende på avstånd till innerstaden	20
2.5 Metod	21
2.5.1 Bygga ett vägnätverk för fotgängare	21
2.5.2 Konstruera anslutningar från adresspunkter och kollektivtrafikhållplatserna till nätverket	22
2.5.3 Koppla ihop adresspunkter med hållplatser	23
2.5.4 Beräkning av antalet boende per hållplats	24
2.5.5 Addera data från områdesfakta	24
2.5.6 Urval av hållplatser och områden	25
2.5.7 Beräkningar och statistisk analys	26
2.6 Material	27
2.6.1 Grunddata	27
2.6.2 Konstruerad data	31
2.6.3 Potentiella felkällor i det använda materialet	31

3	Undersökningsprocedur	33
3.1	Inledning och förutsättningar	33
3.1.1	Program.....	34
3.1.2	Val av beräkningsmetod	34
3.2	Modelleringsaktiviteter på data.....	35
3.2.1	Insamling av data.....	35
3.2.2	Validering av data.....	35
3.2.3	Transformering av data	36
3.2.4	Bygge av underlagsdata för beräkning.....	37
3.2.5	Sammansättning av underlagsdata	40
3.2.6	Aggregering av data.....	41
3.2.7	Statistiska beräkningar	41
3.3	Resultat av regressionsanalys.....	43
3.3.1	Korrelationer	43
3.3.2	Koefficienter.....	44
3.3.3	Modellpassning	44
3.3.4	Variabler från områdefakta	45
3.3.5	Samvariation mellan förklaringsvariablerna.....	46
4	Slutsats och diskussion	47
4.1	Inledning.....	47
4.1.1	Prediktion.....	47
4.1.2	Felkällor	47
4.2	Tolkning av resultatet för den spatiala tillgängligheten till hållplatser	50
4.2.1	Modellen med buffertzoner	50
4.2.2	Restidsmodellerna	51
4.2.3	De kognitiva modellerna	51
4.2.4	Förklaringsvariabler från områdesfakta	52
4.2.5	Oväntade och väntade resultat	52
4.3	Vad förklarar dessa modeller om människors vägval i stadsrummet.....	53
4.3.1	Olika syften med att gå	53
4.4	Användbarhet.....	54
4.5	Möjligheter till fler analyser	54
4.5.1	Boyta och lokalyta	54
4.5.2	Smitvägar	54
4.5.3	Områdestypologier och morfologi.....	54
4.5.4	Olika befolkningskategorier	55
4.5.5	Integration av modellerna med andra modeller för andra typer av förflyttningar.....	55
4.6	Exkurs.....	55
4.6.1	Demografi och biläggande.....	55
4.7	Sammanfattning	55

5	Förteckningar	57
5.1	Figurförteckning	57
5.2	Tabellförteckning	57
6	Litteraturförteckning	59
Bilaga A: Impedansberäkningar för svängar		63
	Summering av vinkelförändringar	63
	Summering av antal svängar	63
Bilaga B: Validering och transformering av hållplatser, adresspunkter och vägar i FME		64
Bilaga C: Integrering av vägar i FME		65
Bilaga D: Skapande av skaft och höjdinformation i FME		66
Bilaga E: Beräkning av OD-Cost Matrix i ArcMap		67
Bilaga F: Beräkning av buffertzoner i ArcMap		68
Bilaga G: Summering av adresspunkter och addering av områdesfakta i FME		69
Bilaga H: SQL frågor till databaserna		71
	Urval av alla resor per hållplats	71
	Urval av resor på morgon och förmiddag	71

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Med en ökande urbanisering i samhället utvecklades nya städer, samtidigt som redan existerande städer växte. Till en början växte de långsamt och mer organiskt än idag. Detta innebar att nya hus och gator långsamt byggdes där det fanns ett behov av byggnader och kommunikationsvägar. Topografin spelade då en större roll för stadsrummets tillväxt och utformning, eftersom det var oerhört kostsamt och tidsödande att gräva bort berg eller fylla ut låglänta områden. Vägbyggande var så pass dyrare och mer tidskrävande att städerna blev täta. Transportvägar till havs var i många fall var mer betydelsefulla än de på land. (Kostof, 1991)

I takt med industrialiseringen skapades mer kapital samt billigare och mer avancerade metoder för att bygga nya stadsområden. Samtidigt innebar det industrialiserade sättet att bygga infrastruktur att det var mer gynnsamt att planera stora områden sammanhållet. Den allt mer tekniskt avancerade och effektivare byggnadskonsten medförde att topografin sällan utgjorde ett hinder för den önskade utformningen. Detta möjliggjorde byggande av fler och större vägar och gator, vilket medförde att städer kunde växa sig större och bli glesare.

Under den första halvan av 1900-talet gjorde funktionalismen sitt intåg i hus- och stadsbyggnad. Stadsbyggnadsidealerna skiljde sig helt från den tidigare stenstadens morfologi med slutna kvarter och gårdshus, vilka ansågs täta och mörka. För att komma bort från dessa stadsrum blev det nya idealet att bygga höga hus, placera dem glest och planera stora grönytor mellan dem. Samtidigt gjorde massbilismen sitt intåg och ett behov av bra bilvägar uppstod. Funktionalismens planeringsideal, och den parallellt framväxande bilismen, medförde att vägnätet förändrades från att vara stadsrum i en rutnätsstruktur mellan kvarteren till att bli ett differentierat nät med en trädstruktur. Under denna tid och fram till slutet av 1900-talet användes mestadels olika tumregler och schablonberäkningar för att planlägga och dimensionera väg- och gatunätet. (Hagson, 2004) (Alexander, 1966) (Gehl, 1971)

Funktionalismens ideal och den enkla planmetodikerna har senare visat sig leda till att nybyggda bostadsområden blev isolerade från varandra. Detta medförde onödigt långa vägar i vissa fall (till exempel mellan två utifrån trafikmatade områden). (Hagson, 2004) Ofta när nya stadsdelar under senare delen av 1900-talet har tagits i bruk eller när stora förändringar har genomförts i existerande städer och stadsdelar så har de önskade gångtrafikflödena uteblivit eller uppstått på ställen som planerna inte avsåg. Det har ofta uppstått problem med att vissa gator eller torg som planerats bli välbesökta, inte blir lika frekvent besökta som andra. Ett annat exempel att en

del gator saknar det underlag av gående som skapar möjlighet för trivsel och handel. (Jacobs, 1961) (Alexander, 1966) (Gehl, 1971)

Från 1960-talet och framåt har olika teorier och modeller för att undersöka förflyttningar och orienterbarhet växt fram, ofta som en motreaktion på funktionalismens stadsplanering. (Lynch, 1960)

Dessa teorier har sedermera använts för att ta fram modeller för hur folk förflyttar sig i städerna, för att möta behovet av att organisera vägar och gator i dagens växande städer. När infrastruktur, trafik och bebyggelse planeras är det viktigt att veta eller kunna förutspå vilka vägar människor väljer att nyttja, så att planernas syften uppnås. (Hagson, 2004)

1.1.1 Framväxten av datorbaserat stöd för planering

Under de senaste tjugo åren har teknik för att undersöka geografiska företeelser med datorstöd utvecklats radikalt på grund av datorteknikens utveckling. Dessa datorbaserade ramverk kallas för Geografiska Informations System (GIS). Grundstenen i GIS är att alla data som har en geografisk belägenhet kan användas i ett GIS, och att olika beräkningar kan göras på basis av objektens geometri eller attribut. En av de första tillämpningarna av GIS var analys och planering för skogsindustrin. Användningsområdet har senare utökats till bland annat analys av vägnät och planering av rutter. (Geografiskt informationssystem - Wikipedia, 2015)

1.1.2 Utvecklingen av teorier och modeller

Flera olika modeller och metoder finns för att planera vägnät (Hagson, 2004) och lokalisera olika typer av service inklusive kollektivtrafikhållplatser. Empiriskt stöd för dessa modeller saknas i stor utsträckning, och de är ofta rudimentära. (Zhao, 2003) (S. Bibaa, 2010)

Tidsbaserade teorier

Ett vanligt sätt att undersöka hur människor väljer att förflytta sig till fots är att utgå från att trafikanternas val av väg syftar till att minimera restiden. Metoderna enligt detta antagande har tillämpats under lång tid inom det rådande paradigmet för trafikplanering. (Hagson, 2004) Detta innebär att avstånd räknas om och summeras till restider, vilka då antas ligga som grund för människors val av väg. (Bath, o.a., 2002, s. 5) Detta låter sig göras enkelt i de flesta GIS.

De tidiga modellerna inom detta forskningsfält utgick ofta ifrån euklidiskt avstånd. Utvecklingen av de topologiska beräkningsmetoderna samt ökad framställning av geografisk data i form av vägnätverk, har gjort att studierna inom detta forskningsfält kommit att fokusera mer på metriskt nätverksavstånd.

Kognitiva teorier

Andra sätt att undersöka hur människors val av väg genom bebyggda områden har också utvecklats. Dessa teoribildningar bygger snarare

på människors uppfattning av stadsrummen än på avstånden. (Lynch, 1960) Utgångspunkten är att den kognitiva insatsen för att orientera sig i stadsrummet samt välja väg, är den bakomliggande orsaken till människors förflyttningsmönster. Detta sätt att se på vårt val av väg är svårare att fånga med traditionella restidsmått, då val av väg i korsningar och stadsrummens sammankoppling kan spela större roll än avståndet. (Sevtsuk, 2010)

Parallellt med framväxten av GIS har dessa teorier kunnat omsättas i metoder. Det som görs inom dessa metoder är att studera hur stadsrummen hänger ihop med varandra. Ett stadsrum är i denna bemärkelse ett kontinuerligt och överblickbart rum i en stad. Dessa teorier kallas för Space Syntax, vilket närmast kan benämnas Rumslik konfigurationsanalys. "If we make a straight line crooked, we do not add significantly to the energy effort required to move along it, but we do add greatly to the informational effort required". (Hillier, The Architectures of seeing and going: Or, are Cities Shaped by Bodies or Minds? And is there a Syntax of Spatial Cognition?, 2003)

Modellerna utgår oftast ifrån olika typer av topologiska nätverk. Beräkningarna sker utifrån topologiskt nätverksavstånd, snarare än metriskt nätverksavstånd. Detta betyder att antalet väglänkar, svängar eller korsningar är beräkningsgrunden, medan de metriska avstånden inte används i analyserna.

Integrerade teorier

Ny forskning har också presenterat flera möjligheter att integrera space syntax med mera traditionella metoder bland annat genom Place syntax (Marcus & Stähle, 2005), Angular space analysis (Turner, Angular Analysis, 2001) och UNA (Sevtsuk, 2010). Grundidéerna för dessa metoder är att både avstånd och kognitivt motstånd är betydelsefulla för att förutspå förflyttningar till fots. (Handy, Boarnet, Ewing, & Killingsworth, 2002) Ytterligare undersökningar antyder att det finns anledning att studera detta vidare, då empiriska undersökningar har visat att båda teorierna har bäring på verkligheten, men i olika skalor. (Manley D. E., Navigating the city: Minimising distance but NOT minimal distance, 2012)

1.1.3 Utgångspunkter

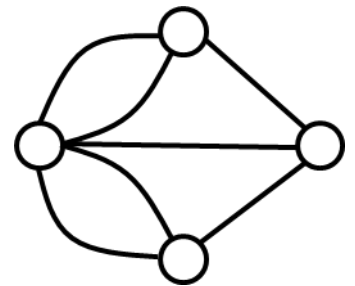
Det vetenskapliga underlaget idag är otillräckligt för att avgöra huruvida dessa teorier korrelerar med de reella förflyttningsmönstren. Detta beroende på att empiri saknas eller inte är tillräckligt utredd avseende förklaringsmodellernas giltighet och signifikans. (Handy, Boarnet, Ewing, & Killingsworth, 2002) Däremot finns studier baserade på resvaneundersökningar som stödjer teorierna om metriskt avstånd som avgörande, men det är tveksamt om deltagarna med visshet vet vilken väg som har det minsta metriska avståndet, eller kortaste tiden. (Hagson, 2004) (Sevtsuk, 2010). Därför är det av intresse att empiriskt studera teoriernas och modellernas giltighet och användbarhet.

Av ytterligare intresse är att undersöka om nya modeller kan skapas och tillämpas vid kollektivtrafikplanering eller andra specifika situationer.

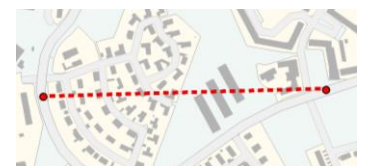
1.2 Definitioner

Av dessa redovisade definitioner är vissa av matematisk/fysikalisk karaktär (topologiskt nätverk, nätverksavstånd, euklidiskt avstånd och centroider) och därmed allmänt accepterade, medan vissa (spatial tillgänglighet, orienterbarhet och mentalt avstånd) är ibland föremål för olika definitioner och tolkningar.

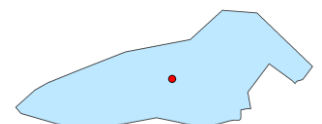
- **Spatial tillgänglighet:** definieras enklast som möjligheten och eller lättheten att ta del av något antingen eftersträvat eller något behövt på ett visst sätt. (Sevtsuk, 2010, s. 35) (Reneland, Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS, 1998, s. 2) (Bath, o.a., 2002, s. 5)
- **Impedans;** inom geografi och trafikforskning definieras den som ett motstånd i en förflyttning; till exempel längd, tid eller höjdskillnad. För en gångtrafikanter är det hur mycket fysiskt eller kognitivt motstånd man måste övervinna för att färdas genom nätverket. (Bath, o.a., 2002, s. 5)
- **Topologiskt nätverk;** en mängd väg/transport länkar som är ihopkopplade i noder där information om kopplingarna mellan länkarna finns. Kopplingsmetodiken och beräkningsmetodiken kommer från det matematiska området topologi (Vilket härstammar från ett (olösligt) problem med fotgängarrutter; "Broarna i Königsberg"). I topologiska nätverk i GIS kan längder och liknande impedanser anges för varje länk och/eller nod.
- **Orienterbarhet;** hur stor kognitiv insats som behövs för att tolka omgivningen i syfte att hitta rätt väg. Hur lätt en väg uppfattas vara att hitta. (Sevtsuk, 2010, s. 49) (Lynch, 1960)
- **Mentalt avstånd;** Hur långt människor uppfattar att avståndet är. (Sevtsuk, 2010, s. 49)
- **Euklidiskt avstånd;** Den kortaste vägen mellan två punkter, projicerat på en plan karta. I mindre skalor kan den anses vara "Fågelvägen".
- **Centroider;** En centroid eller geometrisk centrumpunkt, är det aritmetiska medelvärde av ett eller flera tvådimensionella geometriska element. Det kan ses som analogt med tyngdpunkt för fysiska objekt.
- **Barriärer;** Ett geografiskt element som förhindrar passage för den trafikantgrupp som undersöks. För biltrafik kan det till exempel vara områden med motorfordonsförbud, medan det för gångtrafikanter kan vara staket eller alltför branta sluttningar. (Lynch, 1960) (S. Bibaa, 2010)



Figur 1 Topologiskt nät med noder och länkar

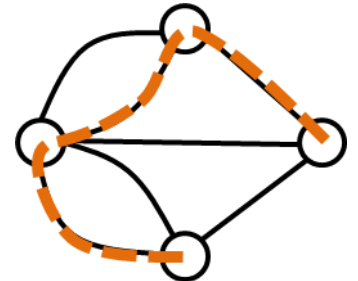


Figur 2 Euklidiskt avstånd mellan två punkter.



Figur 3 Centroid för en oregelbunden polygon

- **Upptagningsområde;** Det område runt hållplatsen, som innehåller ett antal adresspunkter. Området definieras av de valda beräkningsmetoderna, och däri ligger eventuella skillnader mellan modellerna. De olika modellerna som testas skapar skiftande former och olika storlekar på upptagningsområdena, och följaktligen varierande antal människor med tillgänglighet till hållplatsen. (Biba, Manca, & Curtin , 2014) (Zhao, 2003)
- **Färdväg;** En färdväg definieras här som en av alla möjliga vägar genom det topologiska nätverket, från en nod till en annan nod. Den effektivaste färdvägen är således den väg genom nätverket som har den minsta impedansen.
- **Metriskt nätverksavstånd;** Den totala summan av längderna hos de väglänkar som passeras i en färdväg genom ett topologiskt nätverk. Det är alltid minst lika långt som det euklidiska avståndet.
- **Topologiskt nätverksavstånd;** Den totala summan av antalet väglänkar och/eller noder som passeras i en färdväg genom ett topologiskt nätverk. Det är oberoende av det metriska nätverksavståndet.



Figur 4 Färdväg från en nod till en annan genom ett topologiskt nät.

1.3 Teori

Såsom tidigare nämnts i inledningen finns det idag huvudsakligen två skolor inom forskningen om förflyttningar i städer.

- Teorierna om längd eller längd översatt till tid som huvudsaklig förklaringsvariabel bakom förflyttningar. (Det i huvudsak rådande paradigmet inom trafikplanering idag). (Hagson, 2004) (Reneland, Begreppet tillgänglighet, 1998) (Bath, o.a., 2002)
- Teorierna om att gatornas inbördes konfiguration spelar störst roll genom att påverka den kognitiva insatsen, istället för metriskt avstånd. (Space syntax) (Hillier, Space is the machine, 1996)

Det finns också tidigare nämnda försök till integrering. Det sättet att tänka är relativt nytt och inte ännu helt utvecklat. (Handy, Boarnet, Ewing, & Killingsworth, 2002). För att kunna göra en jämförbar undersökning av dessa teoribildningar måste modeller och mått konstrueras och hämtas från dessa teorier.

1.4 Syfte

Syftet med den här studien är i första hand att undersöka i vilken mån förutsägelserna i de olika nämnda teorierna om människors förflyttningsmönster stämmer överens med empirisk data. Detta för att ge stöd till eller för att ifrågasätta de olika teoribildningarna. I undersökningen kommer människors färdvägar till kollektivtrafikhållplatsområden att studeras.

I denna studie finns det också utrymme att undersöka om dessa olika modeller kan stödja varandra och isåfall om nya modeller skulle

kunna konstrueras, vilka ännu bättre kan förutspå människors val av vägar i stadsrummet.

Ytterligare ett syfte är att se hur de modeller och metoder som konstruerats går att tillämpa på andra studieobjekt, på ett enkelt sätt med tillgängliga data och adekvata GIS. Detta för att möjliggöra utveckling av modellerna samt ytterligare undersökningar. Därefter blir det intressant att se om dessa modeller på ett enkelt sätt kan tillämpas i Sverige inom kollektivtrafikplanering, framförallt då nuvarande metoder kan utvecklas (Reneland, Begreppet tillgänglighet, 1998) samtidigt som tillgången på relevant data är bättre än i många jämförbara länder.

1.5 Avgränsningar

1.5.1 Typ av förflyttning

Studien avser endast förflyttningar till fots eller med fordon som jämfälls med gångtrafik, såsom rullstolar, sparkcyklar etc. (de fordon som har samma hastighet som gångtrafikanter). Studier av andra färdmedel skulle kräva en långt större undersökning. Att vissa grupper av gångtrafikanter har en kortare aktionsradie och/eller långsammare förflyttningshastighet kan sannolikt hanteras i respektive modell, om tillräckligt dataunderlag finns.

1.5.2 Syfte med förflyttning

Alla omnämnda teorier utgår ifrån att människors förflyttning syftar till att minimera impedans i form av restid eller kognitiv insats. Detta utesluter flera typer av rekreationella rörelser. Till exempel så kan motionsrundor väljas just för att få ett stort motstånd och/eller så tas ingen hänsyn till orienterbarheten då rutten är planerad på förhand.

Då studien hämtar sitt empiriska underlag från kollektivtrafikresor är förflyttningar som människor måste göra dagligen, såsom resor till arbete eller studier via kollektivtrafik det som studeras. Andra typer av förflyttning, såsom ett planlöst flanerande i staden syftar vanligen inte till att minimera impedanser, även om avstånd och den kognitiva insatsen kanske påverkar valet av väg i vissa avseenden. (Gehl, 1971)

1.5.3 Studerat område

Studieområdet har avgränsats till Göteborgs Stad (Göteborgs kommun), då det är en stad som har:

- Ett stort utbud av varierad kollektivtrafik (både buss och spårvagn)
- Tillräcklig storlek för att skapa ett fullgott dataunderlag.
- Många olika typer av byggda områden.

1.5.4 Teoretiska avgränsningar

De teoribildningar eller paradig som använts i denna studie är omfattande och inrymmer många teorier, antaganden, modeller och metoder. Då syftet inte är att göra en teoretisk undersökning mellan dessa, utan att göra en empirisk studie, kommer inte vidare analyser göras mellan och inom teoribildningarna. För att kunna göra en undersökning utifrån dessa teoribildningar kommer således ett urval av modeller och mått från teoribildningarna att användas. Exempel på förenklingar som gjorts i denna studie är:

- Inom space syntax teorierna används oftast axiallinjer som bas för analyserna. För att göra modellerna i denna studie jämförbara med den andra typen av teorier har vägmittlinjer använts. (Turner, Angular Analysis, 2001)
- Inom teorierna som utgår från längd används ofta aktivitetsmodeller för att studera människors olika resor under dagen. I denna studie har dock enbart människors promenader till hållplatserna studerats.

1.6 Frågeställningar

- Vilken roll spelar nätverksimpedanser, modellerade utifrån nämnda teorier, för människors val av väg i stadsmiljöer?
- Vilka begränsningar har modellerna gjorda utifrån teorierna och hur fungerar de för olika
 - Skolor (bostadsområden eller hela städer)
 - Områden (olika typer av områden i staden)
 - Typer (typer av förflyttningar)
- Finns det möjlighet att sammanväga eller bygga ut dessa modeller med varandra för att nå en större korrelation med empirisk data?
- Är det möjligt att utifrån resultatet av ovanstående undersökningar, bedöma metodens lämplighet för kollektivtrafikplanering i Sverige idag?

2 Metod och material

2.1 Inledning

Genom att undersöka det empiriska stödet i både kognitiva modeller och traditionella avståndsbaserade modeller för att därefter jämföra dem kan man åskådliggöra deras begränsningar och möjligheter. Dessutom kan eventuella förbättringar av modellerna och teorierna belysas.

Denna studie bygger på antagandet att det finns ett samband mellan antalet resenärer på en hållplats och antal boende som har bäst spatial tillgänglighet till denna hållplats enligt teorierna. (Hsiao, 1997) Den spatiala tillgängligheten analyseras på olika sätt inom modellerna, och därför tas flera metoder fram och testas mot varandra.

Spatial tillgänglighet är en frekvent använd term som ofta definieras som närheten från en plats i till andra platser j . Oftast är ett sådant mått på närhet en balans mellan nyttan med att vistas på platsen j och kostnaden för att förflytta sig till den platsen från en fast plats, vilken är utgångspunkten. Den kan beskrivas med formeln:

$$A_i = \sum_j f(W_j, d_{ij})$$

där A_i är tillgängligheten från platsen i och där W_j är ett index för attraktionen för j och d_{ij} är ett mått på impedansen, vanligtvis avstånd, tid eller kognitiv insats vid en färd mellan i och j . (B Jiang, 1999) I denna studie är ett av målen att välja målpunkter så att attraktiviteten för målpunkterna är densamma för alla, vilket ger formeln,

$$A_i = \sum_j f(d_{ij})$$

så att bara impedansen d_{ij} mellan utgångspunkterna (adresspunkterna) och målpunkterna (kollektivtrafikhållplatserna) spelar roll i analysen av denna modell. I praktiska tillämpningar kommer attraktiviteten att variera mellan målpunkterna, så att om modellen tillämpas för planering måste hänsyn tas till detta. I vissa specialfall av praktiska tillämpningar såsom flextrafik för äldre (Tornberg & Westerlund, 2004) är syftet att skapa en tillgänglighet till kollektivtrafik för alla, och då kan variabeln W_j helt utelämnas utan vidare analys.

Modeller för att beräkna spatial tillgänglighet kan indelas i två huvudkategorier:

- Linjära modeller; där impedansen beräknas enligt euklidiska avstånd mellan utgångspunkter och målpunkter

- Nätverksbaserade modeller; där impedansen mellan utgångspunkter och målpunkter beräknas i ett topologiskt nätverk.

Alla konstruerade modeller (det vill säga alla utom buffertmetoden) i denna studie är nätverksbaserade.

De modeller som kommer att beräknas och användas i denna studie är:

- Utifrån teorierna om avstånd och restid som impedans:
 - Beräkning utifrån metriskt nätverksavstånd. Detta avstånd kommer att översättas till restid med ansättande av en gånghastighet.
 - Beräkning utifrån restid baserat på vägsegmentens längd och lutningar omräknat till restid.
- Utifrån teorierna om kognitiv impedans:
 - Beräkning av topologiskt nätverksavstånd utifrån antalet svängar som görs i noderna.
 - Beräkning av topologiskt nätverksavstånd utifrån den totala vinkelsumman av alla svängar i noderna.
- Som referensmodell:
 - Beräkning utifrån buffertzoner.

Samtliga modeller kommer också att inkludera socioekonomisk och demografisk data för att eliminera eventuell påverkan av dessa variabler på antalet resande.

2.2 Konstruktionen av nya modeller i denna studie

För att empiriskt testa de olika teorierna måste en ny metod för att modellera förflyttningar tas fram. Denna kan sedan användas för att analysera de teorier som ska studeras. Grunden för metoden är att konstruera ett dataset innehållande: vägnätverk, impedanser, utgångspunkter och målpunkter, samt beräkningsmetoder för den datan. Därefter undersöks hur många adresspunkter som är kopplade till varje hållplats. Detta beräknas utifrån vilken hållplats som är "närmast" (Vilket i detta sammanhang menas att den har den effektivaste färdvägen enligt varje testad metod) för varje adresspunkt. Slutligen summeras antalet boende per hållplats.

Resultatet används sedan för analyser och beräkningar i ett GIS. Metoden är inspirerad av "The Parcel-Network method" (Biba, Manca, & Curtin, 2014, s. 195), och även av tidigare metoder. (Reneland, A GIS-Method to Calculate Accessibility by Car, Bus, Cycle and Foot, 2002)

Beräkningen av effektivaste färdväg görs enligt en metod baserad på Dijkstras algoritm i ArcGIS. Det är en algoritm för att hitta den

effektivaste vägen genom ett topologiskt nätverk. Den fungerar så att för varje möjlig färdvärd genom nätet från startpunkt till målpunkt summeras impedanser från vägsegmenten och noderna. Det är den färdväg genom nätverket som har lägst totalsumma av impedanser som är effektivast. Resultatet av dessa beräkningar blir en matris med de effektivaste vägarna mellan startpunkter och målpunkter

Denna beräkning finns som en färdig analysmetod i ArcGis och heter OD-Cost Matrix (Origin – Destination cost matrix).

2.2.1 Modeller för teorier om metrisk impedans

Modellen för metriskt avstånd bygger på att längden är den impedans som till största delen styr människors val av färdväg.

Översättning till tid

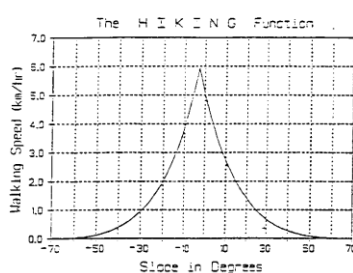
För att möjliggöra jämförelser och integrationer med andra metoder kommer den metriska sträckan att omvandlas till en restid i sekunder. De flesta människor har en medelhastighet omkring 5 km/h. Vissa kategorier; till exempel människor äldre än 75 år samt rörelsehindrade, har en lägre genomsnittlig medelhastighet på mindre än 3,6 km/h. (Reneland, Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS, 1998)

Topografi och lutningar

För att utöka undersökningen av denna modell har ytterligare en komponent analyserats; lutningar på vägsegment.

Höjdinformationen beräknas utifrån en topografisk höjdmodell över Göteborgs Stad. Höjdmodellen är hämtad från Lantmäteriet.

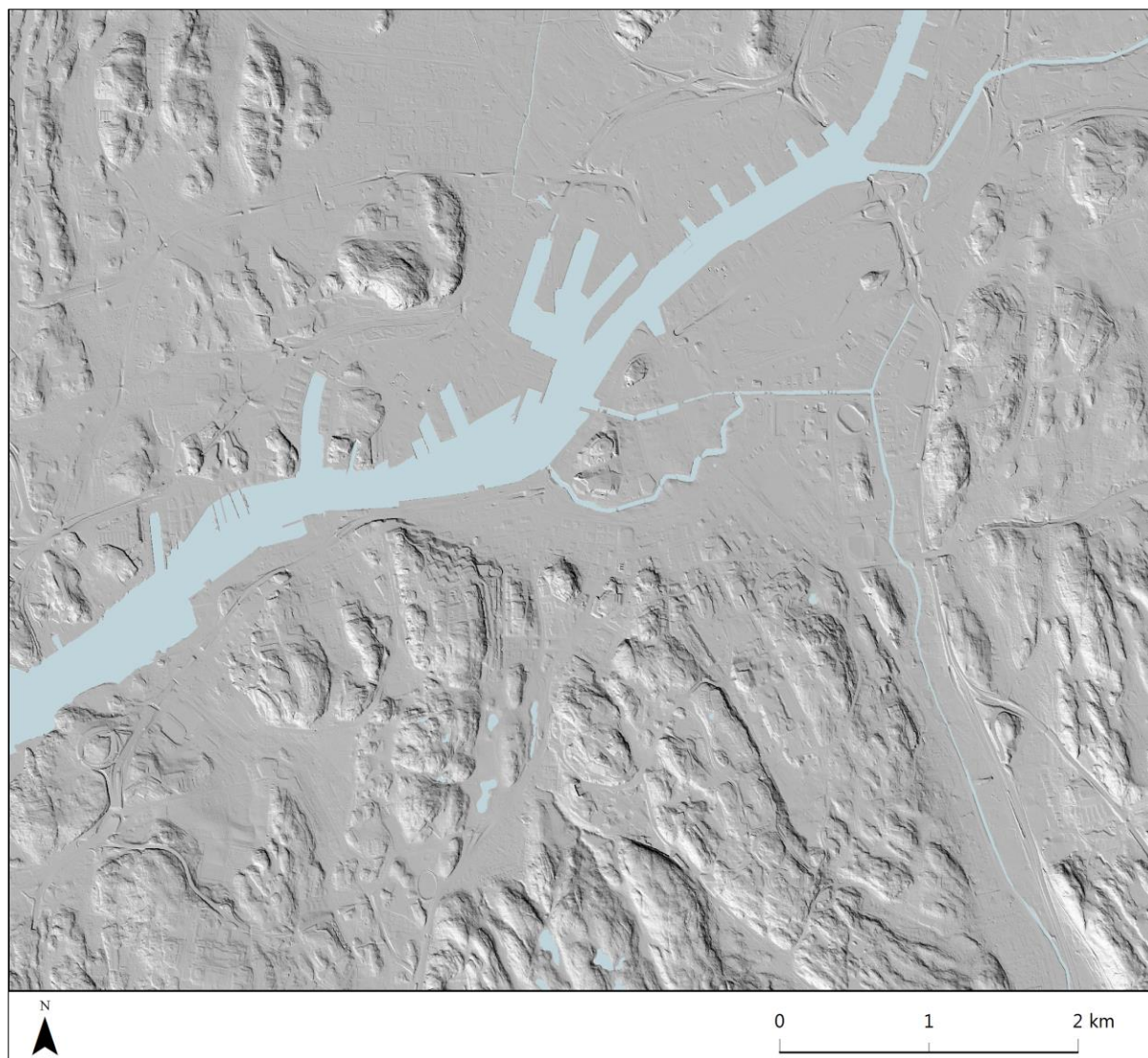
Därefter har lutningarna översatts till tidsskillnader då lutande vägar tar längre tid att tillryggalägga. Konverteringen har skett enligt "The Hiking Function" (Tobler, 1993), vilken bygger på empiriska undersökningar (Imhof, 1950, pp 217-220).



For walking on footpaths in hilly terrain:

$$W = 6 \exp \{ -3.5 * \text{abs}(S + 0.05) \}$$

where W is the walking velocity, S is $dh/dx = \text{slope} = \tan(\text{theta})$; dh and dx must be measured in the same units. The velocity is given in km/hr. On flat terrain this works out to 5 km/hr. For off-path travel multiply by 3/5 (= 0.6). For horseback, multiply by 5/4 (= 1.25). The travel time is computed as distance/velocity.



Figur 5 Höjdmodell med vattenytor över de centrala delarna av Göteborg

2.2.2 Modeller för teorier om kognitiv impedans

Under senare år har som tidigare nämnt flera ansatser gjorts för att integrera kognitiva modeller med avståndsbaserade modeller. Tidigare forskning har visat att färdvägar med många svängar är mer kognitivt komplexa att navigera. (Sevtsuk, 2010, s. 96) För denna studie har en enkel metod valts; alla val av nästa väglänk i en nod som resulterar i en riktningsändring större än 20 grader åt ettdera hållet har räknats som en sväng. (Sevtsuk, 2010, s. 95) Alla svängar längsmed färdvägen ackumuleras till en total impedans. Denna metod har visat sig bättre än andra kognitiva analysmetoder i jämförande studier, särskilt ihop med ett vanligt vägnätverk (till skillnad från den mer specifika modellen med axiallinjer som används inom space syntax forskningen) (Xia, 2013, s. 38)

En till modell för att studera kognitiv impedans

Förutom antalet svängar har också andra metoder för att studera den kognitiva insatsen föreslagits. (Turner, 2005) I denna studie kommer

en föreslagen metod att testas; summan av alla vinkelförändringar i alla svängar som görs längsmed färdvägen genom nätverket.

2.2.3 Modellstöd från områdesfakta

Undersökningar av andelen kollektivtrafikresenärer visar på skillnader beroende på bland annat demografiska och socioekonomiska förhållanden (medelinkomst, biltäthet, etc.). Andelen boende som använder kollektivtrafiken kan variera mellan olika områden i staden. Därför har statistik indelat per område från Göteborgs stad använts i syfte att eliminera dessa variablers påverkan på modellerna.

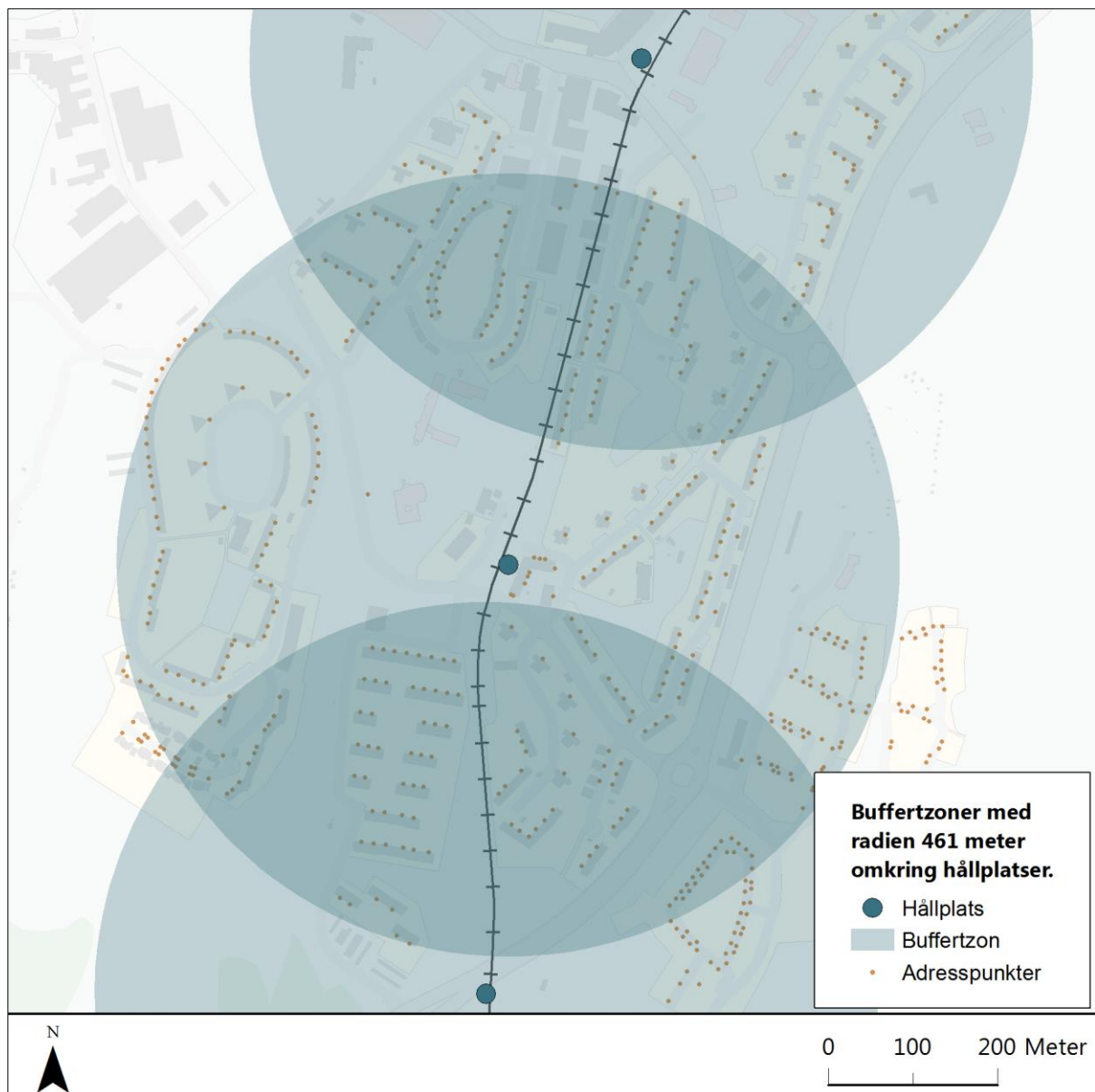
2.3 Tidigare använda modeller

2.3.1 Buffertzoner

Som en referens kommer buffertmetoden att användas. Denna innebär att samla ihop alla adresspunkter runtomkring hållplatsen inom en radie med ett euklidiskt avstånd. (Biba, Manca, & Curtin , 2014) Avståndet räknas ut genom att dela maximalt ansatta gångavståndet med 1,3. Reduceringen av avståndet kallas ofta genhetsknot och bygger på skillnaden mellan nätverksavståndet och euklidiskt avstånd. Denna genhetsknot varierar beroende på vägnätets täthet, vägnätsstruktur och avstånd. (Trafikanalys, 2014) (Reneland, Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS, 1998) Därför finns det ingen genhetsknot som gäller över hela Göteborg. I denna undersökning har en genhetsknot på 1,3 satts. Vanligtvis brukar en genhetsknot på ungefär 1,2 användas, men i vissa fall kan större kvot användas (Trafikanalys, 2014). Då Göteborg har en kuperad terräng kan en större kvot än 1,2 tänkas återspegla verkligheten bättre.

Metoden med buffertzoner är enklare än andra metoder då ett vägnätverk inte behövs. Därför används den flitigt, men den brukar överskatta antalet människor med tillgång till hållplatsen. (Biba, Manca, & Curtin , 2014)

Målet med att analysera modeller med buffertzoner är att se hur denna enkla och oftare använda metod fungerar jämfört med de komplexare metoder som undersöks i denna studie.



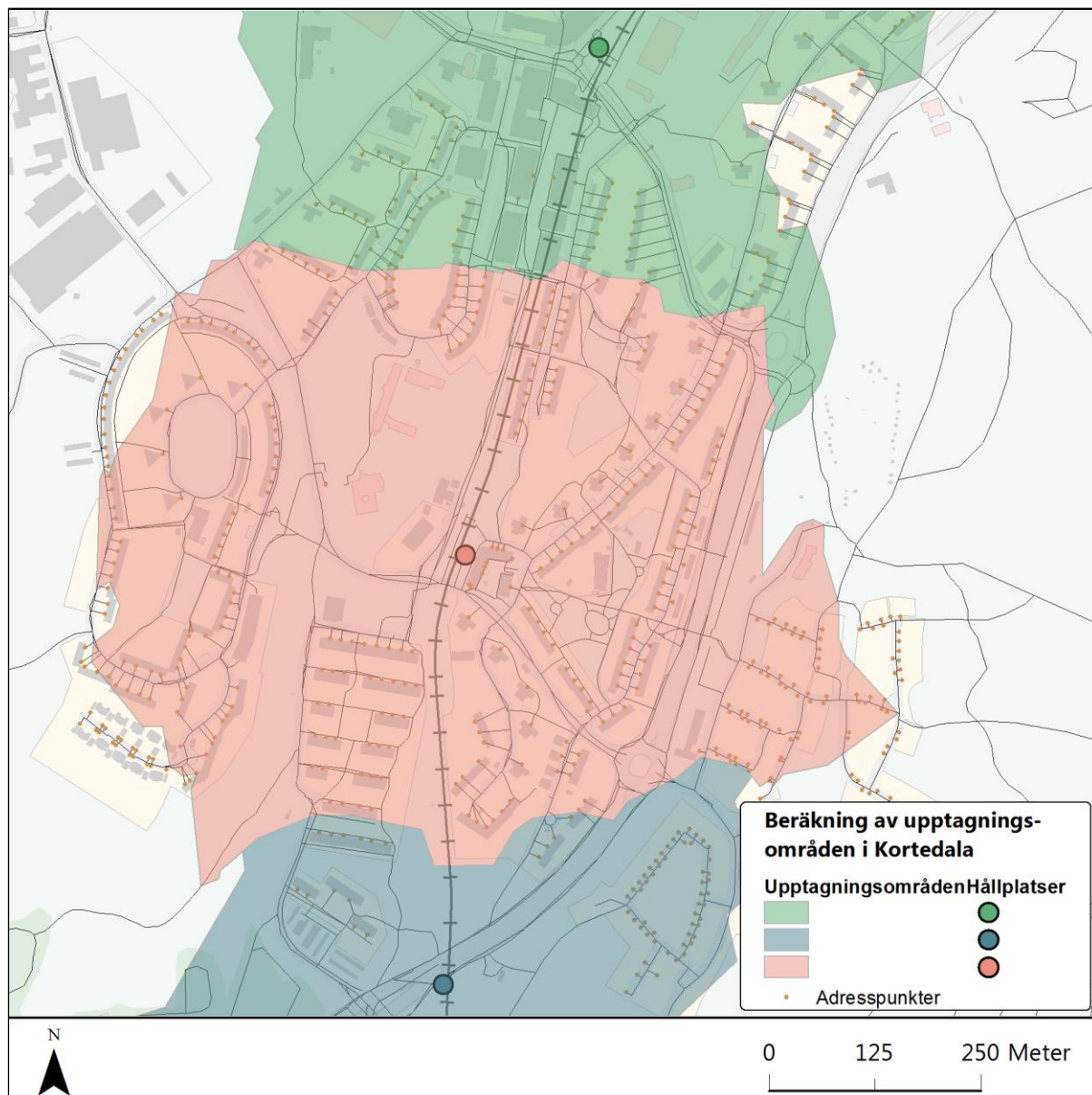
Figur 6 Buffertzoner omkring hållplatser i Kortedala. Radien är baserad på 600 meter dividerat med 1,3.

2.3.2 Upptagningsområde

En annan metod är att beräkna upptagningsområden i form av ytor runt hållplatsen. En sådan metod finns som beräkningsmetod i ArcGIS och heter Service area. (Kristiansson & Tavakoli, 2004) Den går ut på att ifrån varje målpunkt(hållplats) inkludera alla startpunkter(adresspunkter) inom ett visst angivet nätverksavstånd inklusive en buffertzona runtom.

Då metoden grundar sig på nätverksavstånd är den mer komplicerad att genomföra än buffertzoner eftersom den kräver ett vägnätverk att utgå ifrån för beräkningarna. Den hävdas dock vara mer korrekt än modellen med buffertzoner. (Kristiansson & Tavakoli, 2004, ss. 31-34)

Beräkningsmetoden i denna undersökning (OD-Cost Matrix) är lik Service Area metoden. Men Service Area är mindre lämpad för metodjämförelsen i denna studie än vad OD-Cost Matrix är. Därför kommer inte Service Area att användas, men resultatet skulle sannolikt inte skilja sig markant.



Figur 7 Upptagningsområden i Kortedala

2.4 Utelämnade faktorer

2.4.1 Behov av kollektivtrafik beroende på avstånd till innerstaden

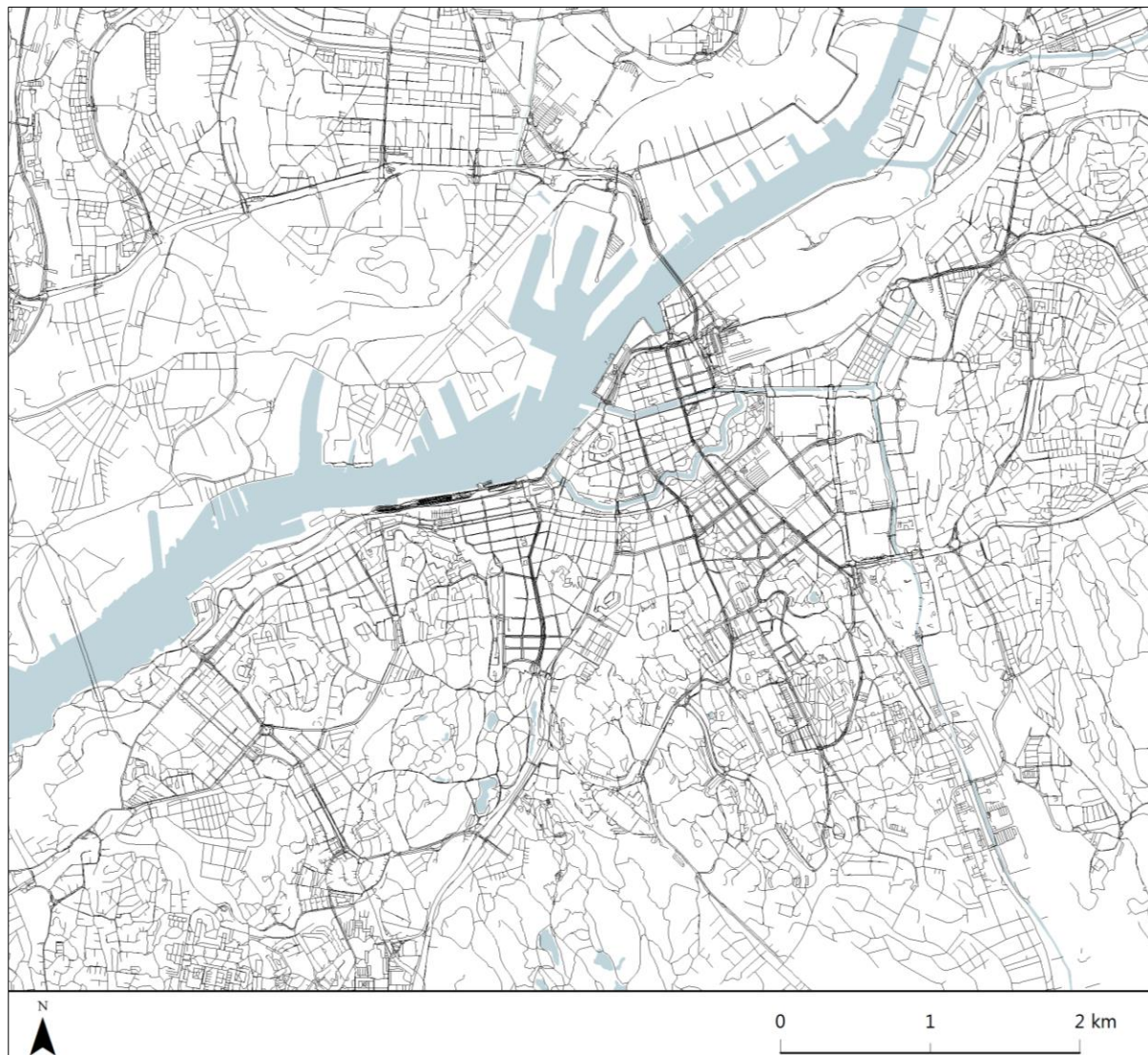
En variabel som kan påverka användningen av kollektivtrafik och därmed störa denna studie är restidkvoter. Det är förhållandet mellan restiden för bil jämfört med kollektivtrafik. Den tenderar att

verka till förmån för bilen i de yttre områdena av staden, på grund av bilens högre hastighet jämfört med kollektivtrafik, och kollektivtrafikens många hållplatsstopp. Omvänt har kollektivtrafiken ofta prioritet inne i staden, samtidigt som olika åtgärder görs för att minska bilåkandet inne i staden. Omfattningen av en sådan undersökning är av den storleken att den inte ryms inom denna studie.

2.5 Metod

2.5.1 Bygga ett vägnätverk för fotgängare

Som bas för skapandet av impedanser och analys av tillgänglighet för boende till hållplatser kommer ett nätverk av gångbara vägar att byggas så att en eller flera möjliga vägar finns från varje adresspunkt till varje hållplats.



Figur 8 Vägar som går att nyttja av fotgängare

2.5.2 Konstruera anslutningar från adresspunkter och kollektivtrafikhållplatserna till nätverket

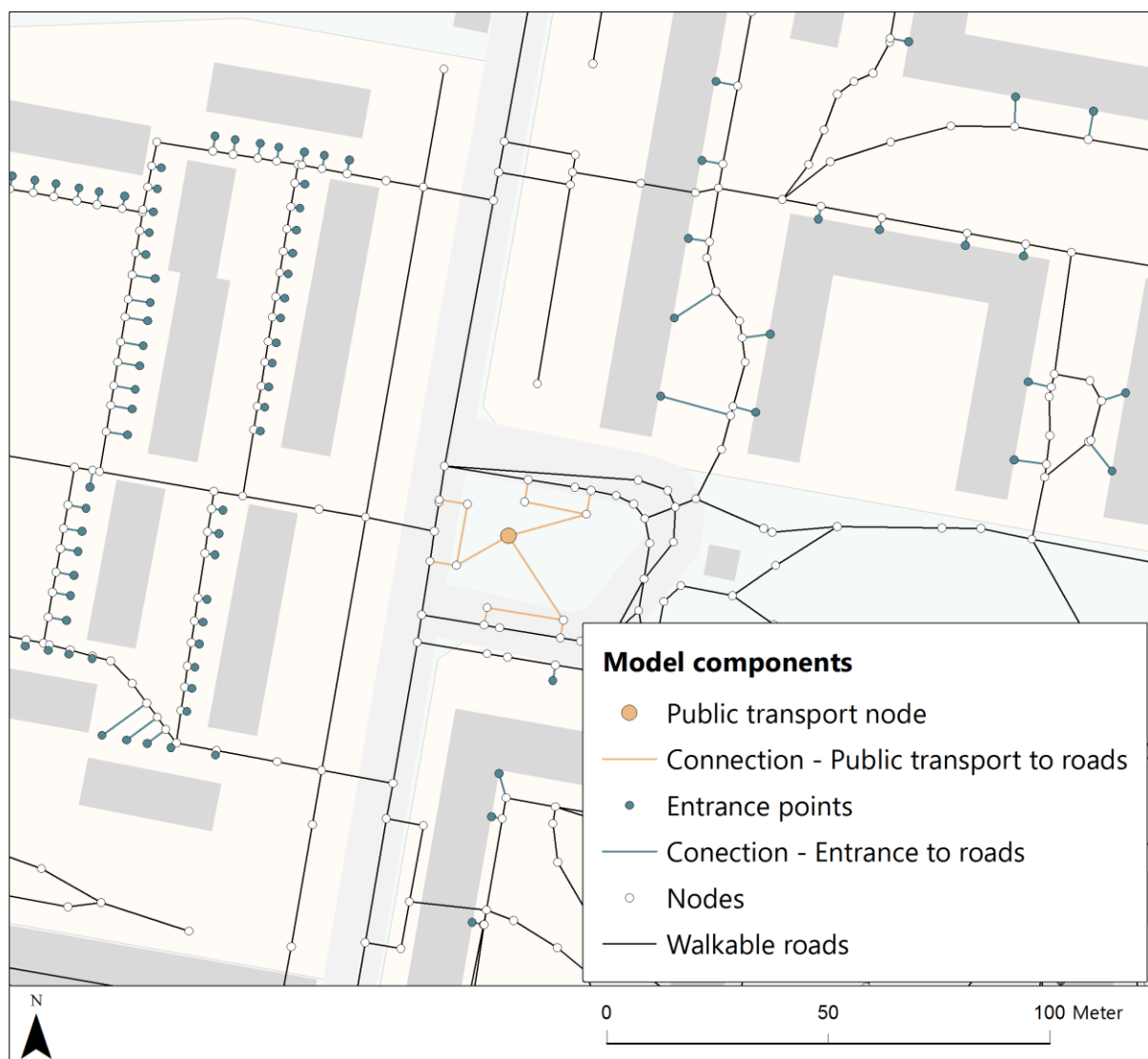
Då varken adresspunkterna eller hållplatserna har en direkt anslutning till vägnätverket måste dessa anslutningar skapas.

Anslutningar mellan adresspunkter och vägnätverket

Här skapas en rät linje från adresspunkten till närmaste väg i gatunätverket, såsom gjorts i andra studier. (Reneland, Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS, 1998) (Biba, Manca, & Curtin , 2014) Linjen skulle kunna tvingas att ansluta till den gata som är angiven i adressen, men i många fall går den använda vägen via gångvägar som saknar namn, vidare fram till den gata som bär adresspunktens adress.

Anslutningar till kollektivtrafikhållplatserna

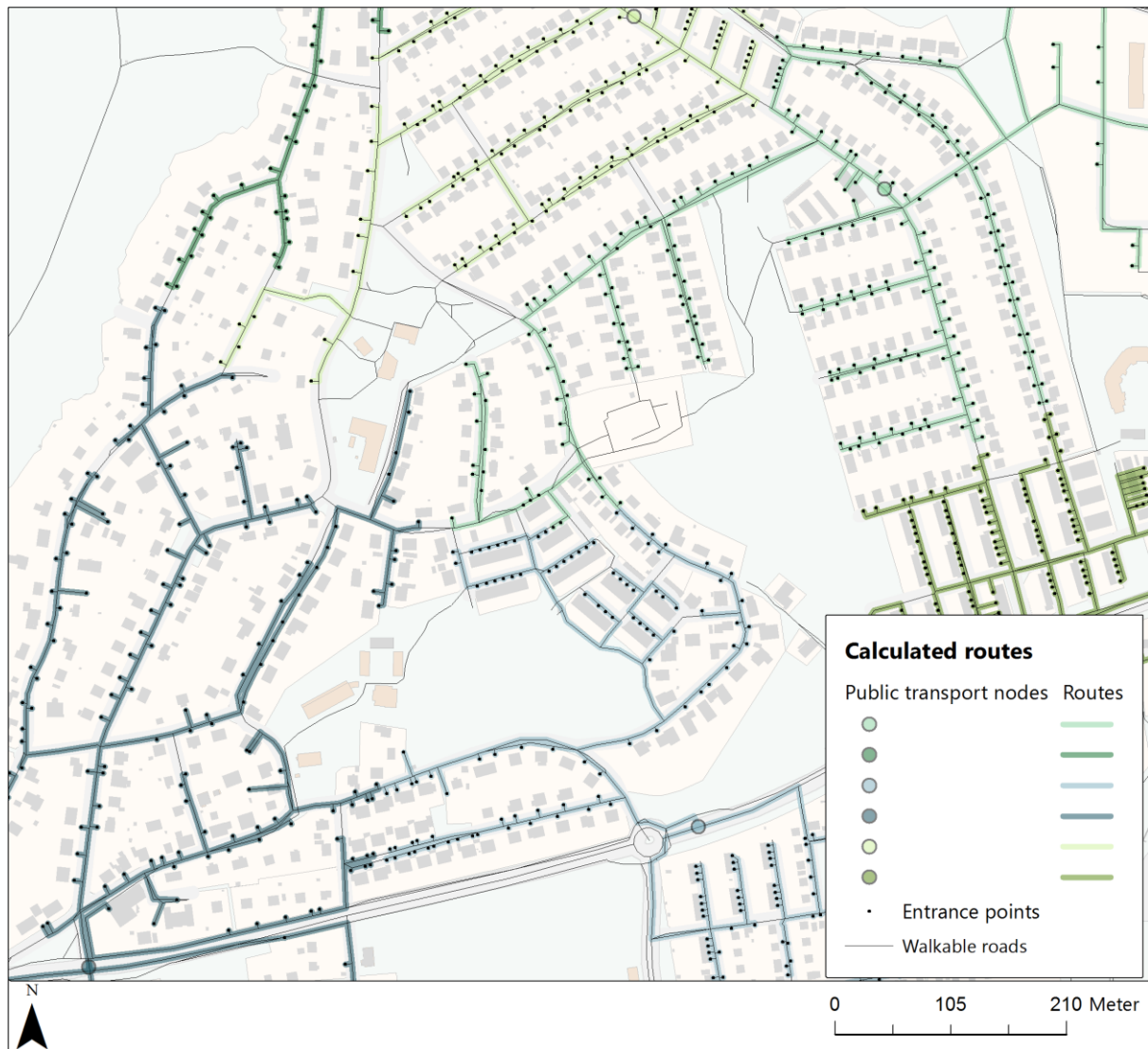
För att ansluta centroiderna för kollektivtrafikhållplatserna har en mer komplex metod valts för att skapa flera anslutningar till vägnätet. Metoden ansluter via plattformar då dessa finns, samt skapar anslutningar till båda sidorna av en gata i syfte att modellera verkligheten så gott som möjligt.



Figur 9 Modell med väglänkar, vägnätverksnoder, adresspunkter och hållplatser, samt anslutningar till adresspunkter och hållplatser. Området är Högsbohöjd.

2.5.3 Koppla ihop adresspunkter med hållplatser

De olika metoderna beräknar mest effektiva färdvägen (den färdväg med minst impedans enligt modellerna) från adresspunkterna till hållplatserna för varje modell. Beräkningen genererar en koppling mellan varje adresspunkt till varje hållplats. Kopplingen visar i varje adresspunkt vilken hållplats som är mest spatialt tillgänglig enligt de impedanser som används för respektive modell. På så vis bildar varje hållplats ett upptagningsområde som inkluderar alla kopplade adresser.



Figur 10 Uppagningsområden för hållplatser i Utby, i detta fall baserat på färdvägarnas längd.

2.5.4 Beräkning av antalet boende per hållplats

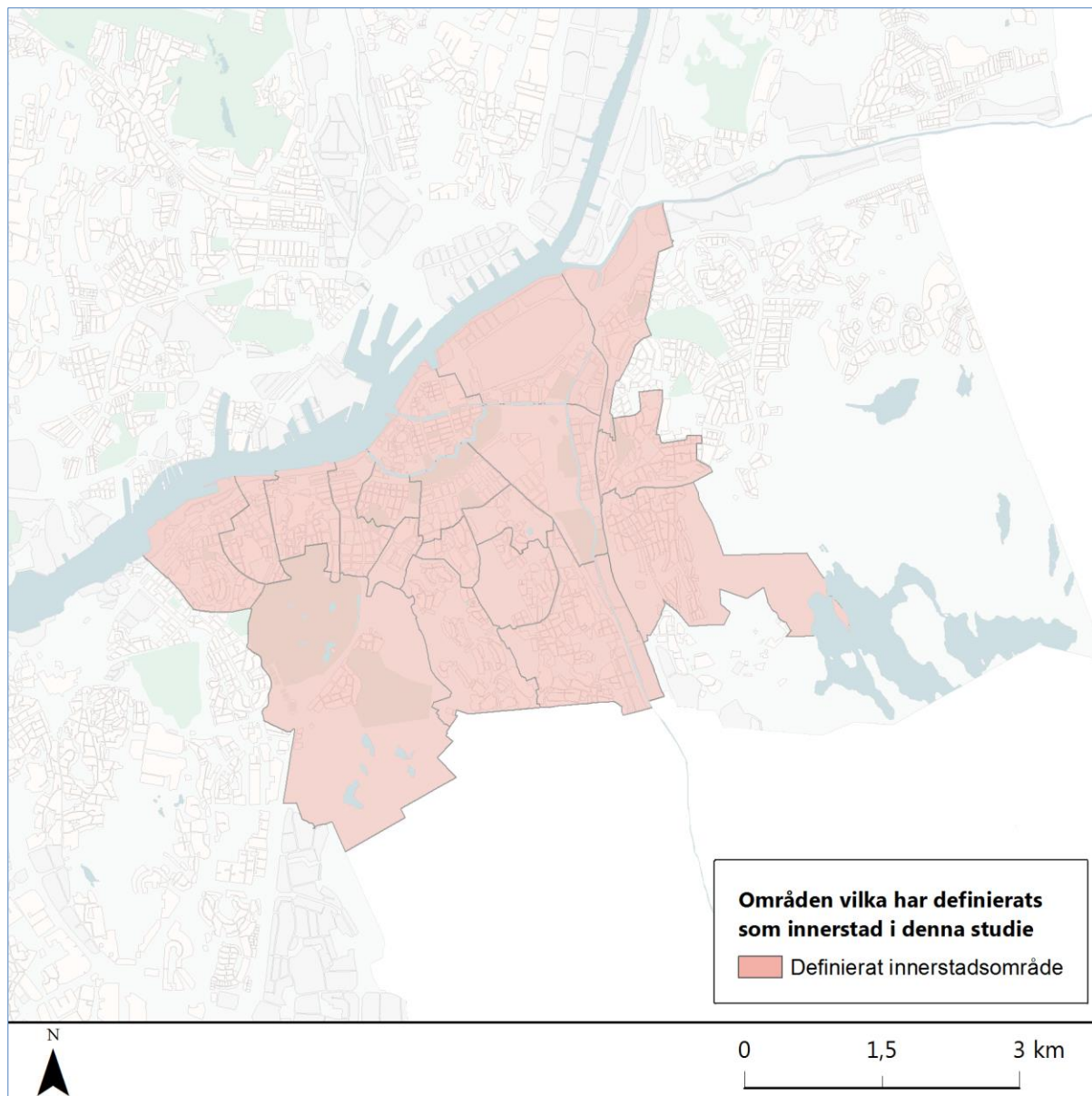
Efter att de effektivaste färdvägarna genom nätverket har beräknats enligt modellerna så summeras antalet boende per hållplats, baserat på kopplingsinformationen i adresspunkterna. Detta skapar det nödvändiga datat aggregerat per hållplats så att en statistisk analys kan göras av hållplatserna.

2.5.5 Addera data från områdesfakta

Socioekonomisk och demografisk data från Göteborgs stad adderas till alla hållplatser utifrån vilket område de är lokaliserade i. Syftet är att de ska kunna ingå i regressionsanalysen, för att eliminera de socioekonomiska och demografiska förhållandenas inverkan på modelljämförelsen.

2.5.6 Urval av hållplatser och områden

För att undersöka modellens giltighet i olika skalor kommer det att göras både en global analys och en analys för ytterstaden. Den globala analysen görs över hela Göteborgs stad (hela kommunen) medan ytterstadsanalysen görs för de områden som inte är en del av stadskärnan.



Figur 11 De områden som definierats som innerstad i denna studie

Exklusionskriterier för hållplatser

- Det ska inte vara hållplats med stor transittrafik (omkring en centralstation eller stadskärna) då dessa pendelströmmar är svåra att beräkna.
- På hållplatser med många bytande kommer resultatet att påverkas av dessa resenärer, och de är därför ej lämpliga att ha

med i analysen. För att åstadkomma detta har bara hållplatser, som klassats som ej lämpliga för byte, tagits med i beräkningarna.

- Vissa hållplatser har jämförelsevis låg attraktivitet på grund av turtäthet och vilka linjer som trafikerar dem. Dessa bör exkluderas ur analysen, för att försöka renodla den till att gälla vägnätverkets påverkan på attraktiviteten.
- En del hållplatser ligger i anslutning till företeelser som ger upphov till många resenärer, utan att det behöver finnas så många boende däromkring. Dessa tas också bort ur analysen.

Analys av hela staden

Då analysen av hela staden kommer att involvera flera typer av hållplatser förväntas den inte ge så starka korrelationer.

Eftersom förutsättningarna för hållplatserna är olika, kommer deras attraktivitet att påverkas. Därtill finns risken att vissa hållplatser kan störa beräkningarna, då data från dessa kan påverkas av flera faktorer utom modellen.

Potentiella störningar i innerstaden är:

- Många besökare och arbetande till de arbetsplatser, affärer och andra attraktioner som finns där. Dessa människor bor inte där, men nyttjar kollektivtrafiken.
- Stor variation i attraktiviteten hos hållplatserna, då innerstaden utgör centrum i det radiella nätet; i ytterstaden går många resor in mot centrum, men i innerstaden har resorna inte samma tydliga riktning och mål.

Analys av ytterstaden

Syftet med ytterstadsanalysen är att eliminera många av de störningar som kan tänkas påverka modellen i innerstaden, såsom nämnts ovan. Därför förväntas korrelationerna vara större i dessa analyser.

2.5.7 Beräkningar och statistisk analys

För att slutligen pröva de studerade modellernas giltighet i ett GIS kommer en regressionsanalys (Minsta kvadratmetoden) att göras. Syftet med regressionsanalysen är att se i vilken grad modellerna kan förutspå gångtrafikantförflyttningar och därmed vad de kan säga om människors val av väg i de studerade områdena. Modellernas giltighet kan också visa på deras användbarhet.

Analysen baseras på framräknad empirisk data från de testade modellerna samt från socioekonomisk och demografisk data.

De oberoende variablerna i regressionsanalysen är:

- Antal boende summerat enligt ovanstående metoder
- Urval av variabler från områdesfakta, utifrån det primärområde som hållplatsen ligger inom.

Den beroende variabeln är: Antalet resande för varje hållplats.

Därefter jämförs resultaten mellan de olika modellerna för att se vilken i vilken grad de kan användas för att förutspå gångtrafikförflyttningar.

Beräkningsmetoden bygger på antagandet att andelen människor som använder kollektivtrafik är förhållandevis jämt fördelat inom vart och ett av primärområdena. Olika socioekonomiska eller demografiska variationer inom primärområdena påverkar analysen av kollektivtrafikanvändningen, vilket inte är önskvärt. De socioekonomiska och demografiska variablerna i områdesfaktan finns bara tillgängliga per primärområde. Varje primärområde inkluderar många upptagningsområden för de analyserade hållplatspunkterna, vilket innebär att områdesfaktan inte har samma upplösning som modelldatan.

2.6 Material

Underlaget för beräkningarna är

- Antalet på och avstigande på kollektivtrafikhållplatser i Göteborg, hämtat från Vässtrafik. Data är inhämtat som en databas med alla stämplingar av reskort under augusti till och med oktober 2014.
- Adresspunkter, vilka inhämtades i december 2014 från Göteborgs stad.
- Socioekonomisk och demografisk data från år 2013, inhämtad från Göteborgs stads. (Göteborgs stad, 2015)

2.6.1 Grunddata

Vägnät

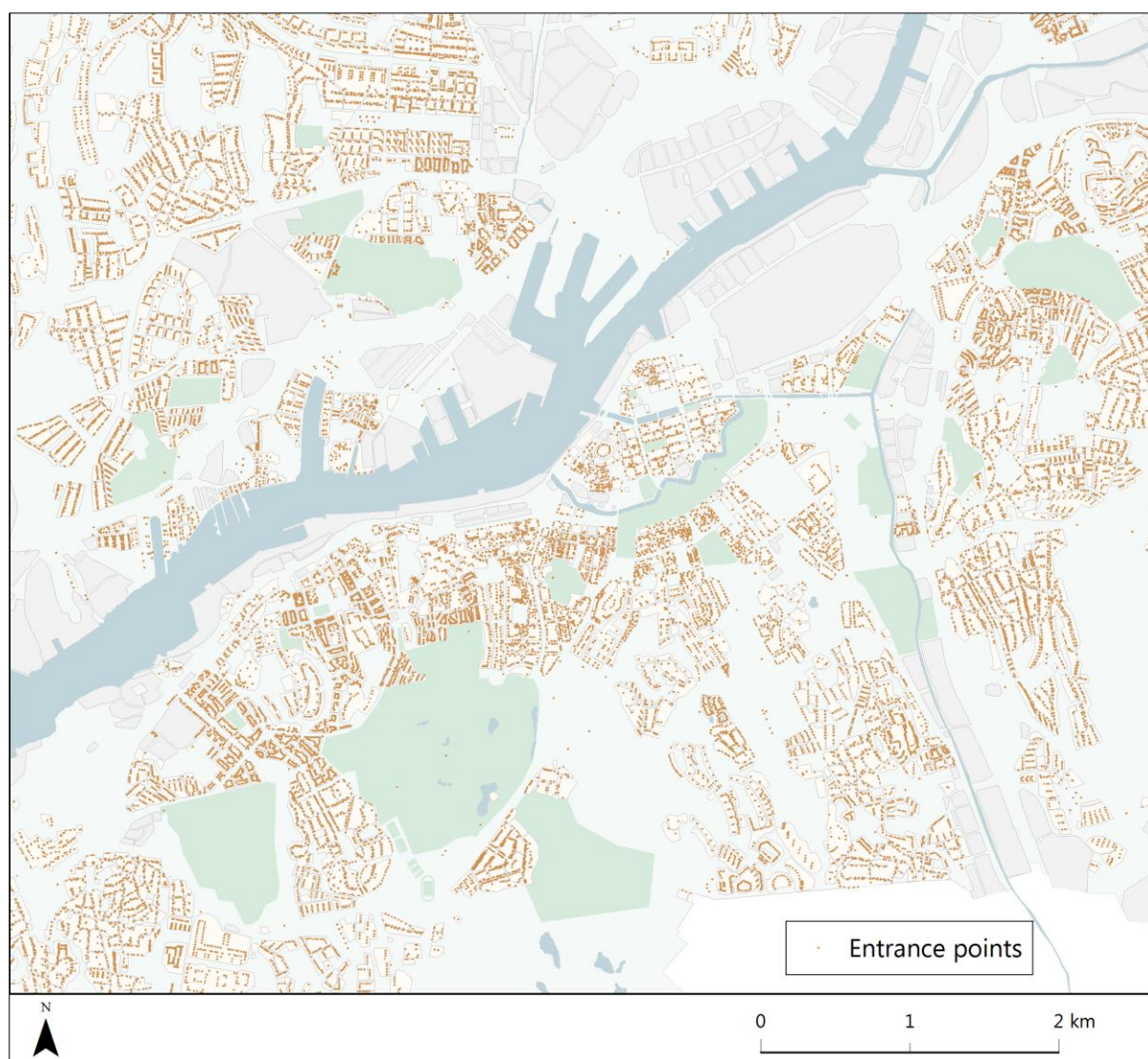
De delar av vägnätet som är möjligt att utnyttja för fotgängare använts. Det innebär förutom gång och cykelvägar även lokalgator, torg och liknande vägar, vilka har vissa begränsningar för biltrafik.

För att göra så bra estimat som möjligt av impedanserna i vägnätet kommer lutningar i vägnätet att modelleras. Dessa skapas genom att drapera vägnätet på en höjdmodell av området. För att skapa ett så heltäckande nätverk som möjligt har data från olika källor använts:

- Vägnät från Göteborgs stad, omfattande alla vägar inom kommunen. (Göteborgs stad, 2015)
- Gång och cykelvägar från Göteborgs stad, de gång- och cykelvägar som staden sköter. (Göteborgs stad, 2015)
- Open Street Map, vilket är ett initiativ att skapa kartdatabas för fri användning. Den innehåller många typer av vägar och gator, men här har bara de vägar och gator som är möjliga att gå på använts. (<http://www.openstreetmap.org>)

Adresspunkter

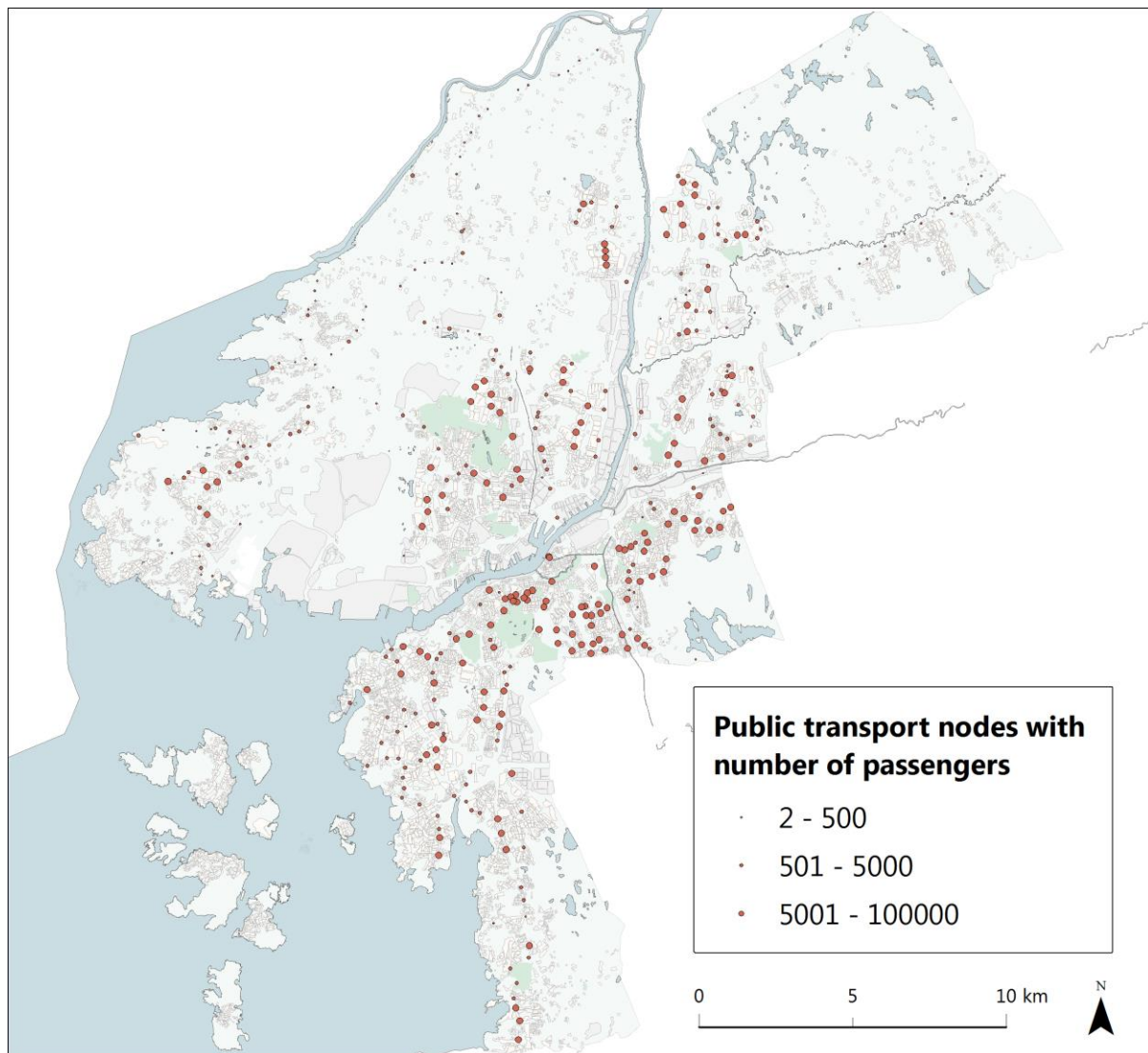
Dessa är startpunkterna för beräkningarna och summeringarna av färdvägar. Adresspunkterna kommer från Göteborgs stad. (Göteborgs stad, 2015)



Figur 12 Adresspunkterna som använts som underlag i denna studie

Kollektivtrafikhållplatser med antal resande

Data om kollektivtrafikhållplatserna och deras lokalisering har hämtats från Västtrafik. De levereras i form av centroidpunkter för varje hållplatsområde. Dessa består av ett antal hållplatslägen, såsom busshållplatser och/eller spårvagnshållplatser. Data med antal resande på hållplats hämtas också från Västtrafik, den aktör som driver kollektivtrafiken i hela Västra Götalandsregionen



Figur 13 Det urval av hållplatser med antal resande, som använts i denna studie.

Områdesfakta

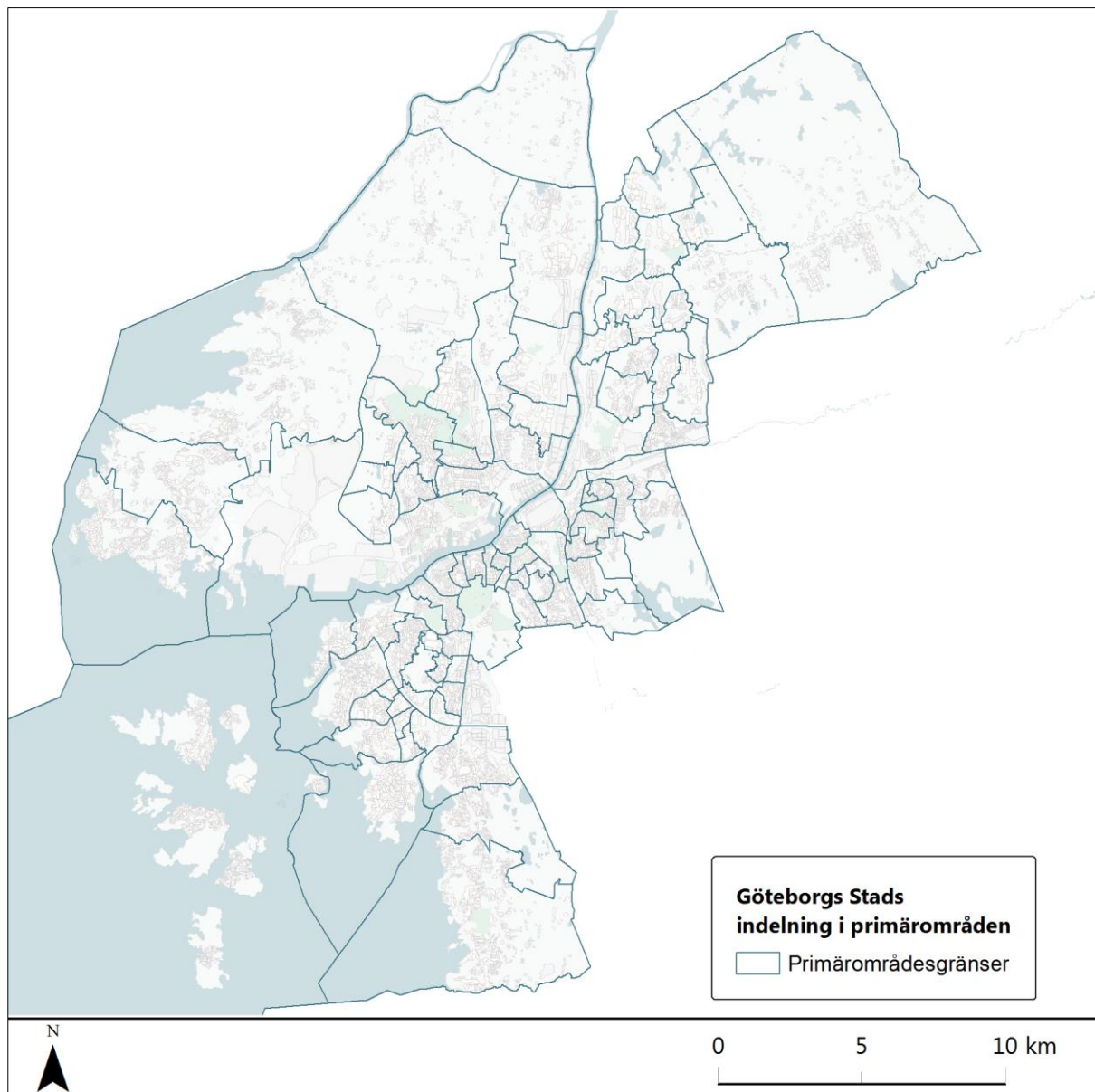
För att studera hur enbart den spatiala impedansen påverkar antalet resande, behöver andra variablers påverkan separeras i analysen. Syftet är att eliminera dessa variablers inflytande på modelljämförelsen.

Följande variabler antas kunna påverka antalet resande i modellen, och kommer därför att beaktas i regressionsanalysen.

- Förhållande mellan dag- och nattbefolkning. Denna används i form av en kvot mellan de olika kategorierna.
- Andel unga (0-18). Denna grupp tas med i analysen då behovet av kollektivtrafik kan tänkas vara mindre än för yrkesverksamma. Samhället planeras ofta för att unga ska ha kortast möjliga väg till förskola och skola.
- Andel yrkesverksamma. Det kan vara intressant att se i vilken mån detta påverkar användningen av kollektivtrafiken.

- Andel äldre (65+). Denna grupp tas med i analysen eftersom de kan antas vara i större behov av kollektivtrafik på grund av en mindre andel körkorts- och bilnehavare.
- Antal bilar per 1000 invånare. Det går att anta att samband med kollektivtrafikresande finns, eftersom de flesta människor som äger bil har intentionen att använda den till vardags.
- Medelinkomst, då det kan vara intressant att undersöka dess samband med användandet av kollektivtrafiken.

Den data som finns tillgänglig är statistik från Göteborgs stad, indelat i primärområden, och i form av ett Excelark. Att all data är på en så grov nivå innebär att många hållplatser kommer att innehålla samma data då de ligger inom samma primärområde. Därför kommer resultaten av regressionsanalysen sannolikt att visa på en geografisk klustring av residualerna.



Figur 14 Indelningen av Göteborgs stad i primärområden

2.6.2 Konstruerad data

Anslutningar till adresspunkter

De adresspunkter som använts är antingen i form av en punkt där entrédörren ligger (detta är oftast fallet för flerbostadshus) eller på infarten till huset (detta är oftast fallet för en- eller tvåbostadshus).

Då dessa adresspunkter inte befinner sig i direkt anslutning till det aktuella gatunätverket måste någon form av förbindelse konstrueras i form av en väglänk, för att kunna göra de behövliga nätverksanalyserna i ArcGIS.

Antingen kan punkterna flyttas till och anslutas direkt mot nätverket, eller så kan en anslutningslänk skapas. För att modellera avstånden mer korrekt i denna studie har metoden att konstruera en anslutningslinje valts. Detta är en metod som har använts tidigare i liknande metoder. (Reneland, 1998) (S. Bibaa, 2010)

Anslutningar till kollektivtrafikhållplatser

Då centroiderna för hållplatsområdena är en sammanvägning av varje hållplatspunkt, saknas anslutningar till vägnätet. Spårvagnshållplatser har i verkligheten ofta flera anslutningar till vägnätet via plattformar, medan busshållplatser oftast ligger direkt vid en gångbar väg. Här används en mer komplex metod för att göra alla nödvändiga anslutningar till nätverket. Målet med den metoden är att se till att alla buss- och spårvagnshållplatser får minst en, men helst två anslutningar till vägnätverket från centroiden. För att vald beräkningsmetod ska kunna göras måste alla hållplatspunkter anslutas till vägnätverket. Se vidare under kapitlet undersökningar.

2.6.3 Potentiella felkällor i det använda materialet

Adresspunkter och dess data

Antalet boende bygger på allmänt tillgängliga källor. Det verkliga antalet boende kan variera på grund av att människor inte uppger rätt belägenhetsadress. Människor som flyttar utomlands kan finnas kvar som boende på sin gamla adress, dessutom finns skyddade uppgifter för många människor. Människor som vistas illegalt i landet saknas också i officiella källor. Denna felkälla är sannolikt liten, men närapå omöjlig att beräkna och korrigera för. Till stor del borde den vara förhållandevis jämt fördelad över området, men en viss samvariation med socioekonomiska förhållanden kan finnas.

Hållplatser och resandestatistik

Antalet resande per hållplats bygger på antalet som stämplar sitt kollektivtrafikkort vid påstigning. Felkällorna här är resenärer som inte stämplar sina kort, tjuvåkare samt de som reser med kontantbiljett eller sms-biljett. Denna felkälla är svår att uppskatta, även om försök har gjort. Men då den borde vara förhållandevis jämt fördelat över hela studieområdet har det mindre betydelse. Det

främst koefficienten för boendevariabeln i förklaringsformeln som kan påverkas.

Vägnätverket

Vägnätverket är inte alltid uppdaterat enligt de senaste förändringarna och ombyggnationerna, då sådana karteringar måste göras efter färdigställandet. Dessutom är smitvägar, parkvägar och gångvägar inom bostadsområden inte alltid karterade. Storleken på den här felkällan är svår att uppskatta utan en omfattande inventering på plats, då även till ytan små förändringar kan ha stor påverkan på spatial tillgänglighet.

Anslutningar från adresspunkter till vägnätverket

Dessa anslutningar är skapade i form av raka linjer från adresspunkter till närmsta vägsegment, så kan det vara så att den verkliga vägen från entrén eller infarten går till ett helt annat vägsegment, på grund av barriärer eller andra förhållanden. Det kan också vara så att det finns flera möjliga anslutningar från en adresspunkt till vägnätet. Denna felkälla torde inte vara så stor då det oftast finns en karterad gångbar väg i nära anslutning till entrépunkten.

Anslutningar från kollektivtrafikpunkterna till vägnätverket

Då dessa anslutningar utgår från en centroidpunkt samt är helt datorgenererade, kan det skapas vissa anslutningar som inte finns i verkligheten, samt att vissa anslutningar saknas. Detta torde inte vara en så stor felkälla då avstånden för genvägar eller omvägar inte är stora i sammanhanget.

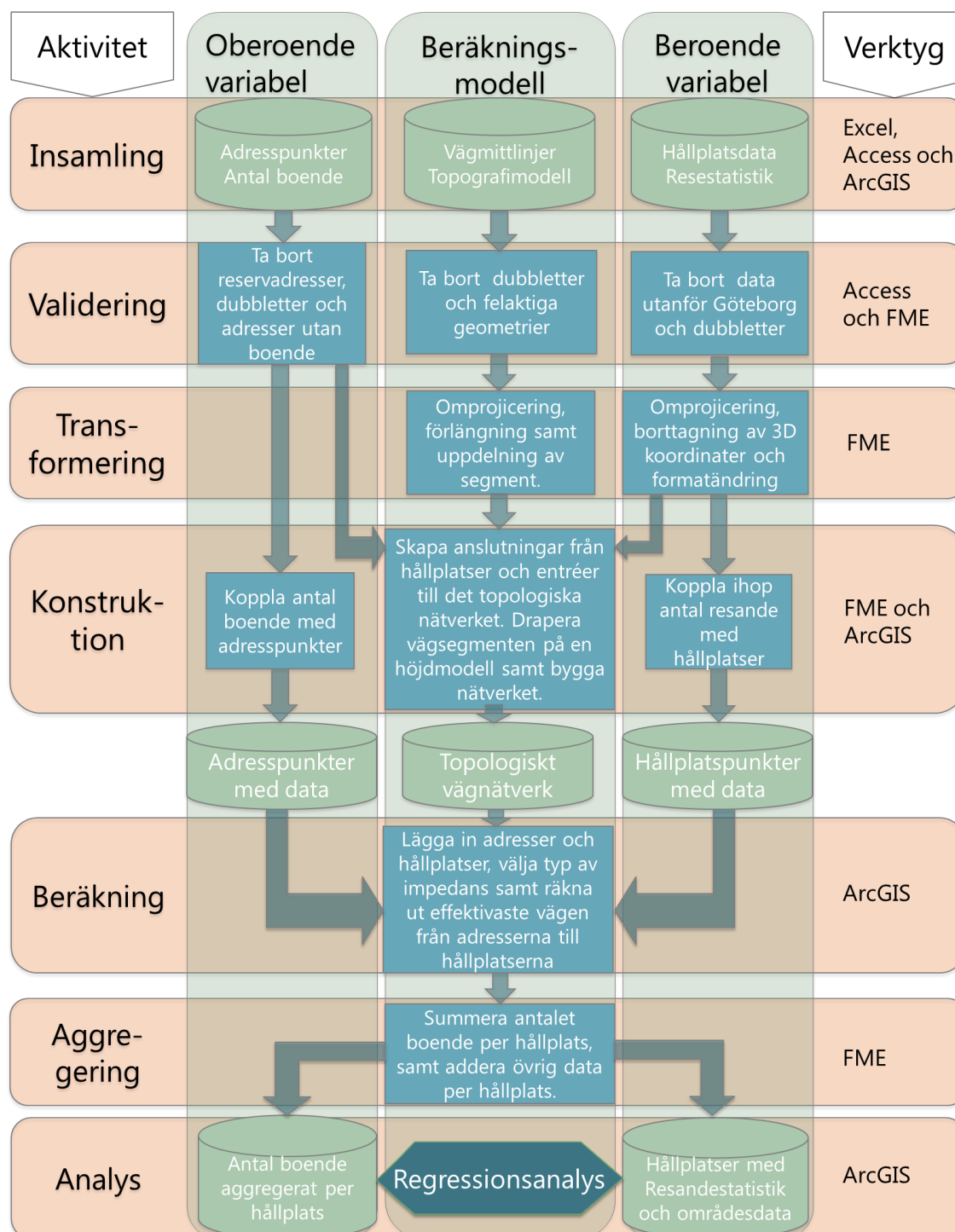
Attraktivitet hos målpunkten

Dessa undersökningsmodeller bygger på att attraktiviteten för målpunkterna är någorlunda lika för alla hållplatserna inom varje område. Beroende på vilka linjer som trafikerar dem och turtäthet kommer attraktiviteten i praktiken att variera. Detta är en potentiellt stor felkälla, som samtidigt är svår att eliminera. Sannolikt går det att sammanställa dessa faktorer för att vikta attraktiviteten, men det är ett omfattande arbete som av tidsskäl ligger utanför omfattningen av denna studie.

3 Undersökningsprocedur

3.1 Inledning och förutsättningar

För att skapa och visa databearbetningen har en aktivitets och datamatrix tagits fram. Den förklarar arbetsgången för bearbetningen av materialet, strukturen på data samt använda program.



Figur 15 Matris för databearbetningen

3.1.1 Program

Programmen som använts är:

- Excel, för områdesstatistik
- Access, för databaser över resande och även urval av effektivaste vägen från resultatet av impedansberäkningarna.
- FME från Safe, för att validera data, transformera geometriska objekt och aggregera statistik.
- ArcMap från ESRI, för konstruktion av och beräkningar på topologiska nätverk samt den slutliga statistiska analysen.
- ArcCatalog från ESRI, för bygge av topologiskt nätverk.

3.1.2 Val av beräkningsmetod

För att undersöka de båda modellerna kommer en standardiserad beräkningsmetod i ArcGIS att användas; **OD Cost matrix (Origin-Destination Cost matrix)**. Resultatet är en matris innehållande start och målpunkter. Det är en metod som letar efter de effektivaste vägarna enligt valda impedanskriterier genom nätverket, från ett antal utgångspunkter (i detta fall adresspunkter), till ett antal målpunkter (i detta fall kollektivtrafikhållplatser). Flera möjliga vägar tas fram och rankas utifrån impedanskriteriet. I studien har också ett avbrottskriterium på 750 meters avstånd definierats, då det anses att de allra flesta människor inte är beredda att gå alltför långt till kollektivtrafikhållplatser. Tidigare forskning är inte entydig i detta avseende. (Sevtsuk, 2010) Då beroendet av kollektivtrafik är stort i vissa delar av Göteborgs stad finns det anledning att anta att människor är beredda att gå i upp till 9 minuter (vilket för de flesta människor är ca 750 meter). Impedanstyper och val av avbrottskriterium anges då nätverket skapas.

I denna beräkningsmodell kan olika impedansvariabler väljas som kriterium för effektivaste väg. Dessa variabler kan även ackumuleras, för att med hjälp av resultatet undersöka de olika teorierna om vägval. Det innebär att variablerna som räknas fram ackumuleras för varje vägsegment och sväng som passerar för att nå målet samtidigt som ett maximalt avstånd på 750 meter används som avbrottskriterium.

De ackumulerade variablerna som beräknas är följande:

- Metriskt avstånd konverterat till sekunder baserat på en medelgångshastighet på 5 km/h.
- Metriskt avstånd konverterat till sekunder baserat på en viktad hastighet som beror på lutningen på vägsegmenten (5 km/h på plan mark).
- Antal svängar (antal noder då en sväng till ett annat vägsegment som avviker från den tidigare riktningen med mer än 20 grader).
- Summering av vinkelförändringar vid passage av noder.

I tillägg till ovanstående beräkningsmodell kommer även nedanstående metoder att undersökas:

Buffertzoner

Metoden med buffertzoner bygger på att alla boende inom en radie av euklidiskt avstånd på 577 meter från en hållplats summeras och läggs in som ett attribut på den hållplatsen. Avståndet på 577 meter är beräknat utifrån den maximala gångsträckan på 750 meter dividerat med 1,3 för att kompensera för vägarnas avvikelser från fågelvägen (genhetsknoten).

3.2 Modelleringsaktiviteter på data

3.2.1 Insamling av data

Data har samlats in i olika former från olika källor enligt nedan.

Adresspunkter

Adresspunkterna har hämtats som en fil i ESRI's shape filformat från Göteborgs stad. Projektionen var SWEREF 99 12 00, vilken är den bäst anpassade för Göteborg.

Hållplatspunkter

Hållplatspunkterna har hämtats från Väststrafik. Formatet var en Mapinfo table-fil och projektionen var den gamla RT90 2,5 GON V. De innehåller också höjdinformation av okänd typ och kvalitet.

Vägnätverken

Vägnätverket är uppbyggt från flera olika källor i olika format:

- Ett komplett vägnät från Open Street Map hämtades i form av en fil i ESRI's shape format, med projektionen SWEREF 99 TM
- Gång och cykelvägar från Göteborgs stad hämtades i form av två filer (en för gångvägar och en för cykelvägar) i ESRI's shape format, med projektionen SWEREF 99 12 00
- Vägar från Göteborgs Stad i form av flera filer (en för varje klass) i ESRI's shape format, med projektionen SWEREF 99 TM

Områdesfakta

Den demografiska och socioekonomiska data som använts hämtades från Göteborgs stads hemsida i form av en Excel-fil, sorterad efter primärområden.

Resandestatistik

Resandestatistik hämtades som ett databastabellutdrag i form av en kommaseparerad textfil, från Västtrafik.

3.2.2 Validering av data

All data validerades och det som upptäcktes var följande:

Vägnätverk

Vägnätverken varierar i kvalitet då de kommer från olika källor:

- Datan från Open Street Map var omfattande, och vid en visuell bedömning gentemot flygbild, ganska heltäckande.
- Gång och cykelvägar från Göteborgs stad innehåller inte så många attribut, men de täcker in en del mindre och nyanlagda gång och cykelvägar som saknas i Open Street Map och övriga vägar från Göteborgs Stad.
- Vägnätverken från Göteborgs stad är generellt av god kvalitet, men saknar vissa gång- och cykelvägar.

Hållplatslägen

Hållplatsdata innehöll alla hållplatslägen. Men det fanns en del dubletter med olika giltighetstid eftersom hållplatser försvinner, tillkommer eller flyttas. Hållplatsdatan har filtrerats från dubletter och platser utanför Göteborgs stad har tagits bort.

Adresspunkter

Adresspunkterna innehöll flera dubletter, samt att många av adresserna var reservadresser för framtida bruk. Datan är ett utdrag från den 18 december 2014. För att kunna utföra beräkningarna har alla dubletter tagits bort. Vidare har reservadresser och adresser utan boende exkluderats för att snabba upp beräkningarna.

Resandestatistik

Resandestatistiken var komplett och välstrukturerad. Den omfattade alla stämplade resor från och med augusti till och med oktober 2014.

Områdesfakta

Statistiken var en sammanfattning av 2013. Det var den mest aktuella vid inhämtningen. På grund av sekretesskäl är vissa poster och vissa områden utelämnade, för att omöjliggöra identifiering. I övrigt fanns inga synbara fel.

3.2.3 Transformerings av data

Vägnätverk

Kriterierna för urvalet av vägtyper som ingår i modellen var att de ska vara gångbara, i den betydelsen att de är möjliga att gå på och användas av fotgängare i det syftet.

Först har ett urval gjorts av de gångbara vägarna enligt följande:

- Gång och cykelvägar från Göteborgs stad har alla antagits vara lämpliga för promenader till hållplatser.
- Av vägarna från Göteborgs stad har klasserna 4 och 5 bedömts vara framkomliga för fotgängare.
- Ifrån Open Street Map har följande väglänkstyper antagits vara möjliga att använda för fotgängare:

- Abandoned
- Bridgeway
- Cycleway
- Footway
- Living street
- Path
- Pedestrian
- Platform
- Residential
- Road
- Unclassified
- Service
- Steps
- Tertiary
- Tertiary link
- Track

Hållplatser

Höjdinformation togs bort då den var av okänd kvalitet. Sedan har informationen omprojicerats till SWEREF99 12 00, som använts i denna studie eftersom den är mest lämpad att användas för lokala data i Göteborg. Slutligen har formatet ändrats till ESRI:s shape format.

Områdesfakta

Områdesfaktan har strukturerats och sorterats efter områdesnummer. Den data som har bedömts vara av intresse för undersökningen och filtrerats fram är såsom tidigare nämnts:

- Andel barn och ungdomar (0-18 år)
- Andelen äldre (65+).
- Antal bilar per 1000 invånare
- Medelinkomst
- Kvoten mellan dag och nattbefolkning
- Andel Hyresrätter

3.2.4 Bygga av underlagsdata för beräkning

Integrera vägnät

Då vägdata kommer från flera olika källor är det nödvändigt att integrera dessa med varandra. Då Open Street Map var det mest heltäckande vägnätet, har det valts som grund och de andra har passats in mot det. Det har gjorts i flera steg:

1. Alla vägnätverk har delats upp i sina minsta segment, för att dubletter ska kunna tas bort. Ett annat syfte att få en så bra

noggrannhet som möjligt på den kommande beräkningen av väglutningar.

2. Vägsegment i data från Göteborgs stad, har förlängts mot vägsegmenten från Open Street Map. Maximal förlängning med valdes till en meter, för att inte skapa förbindelser som inte finns i verkligheten. Syftet med detta är att säkerställa att vägnätverken kan byggas ihop till ett topologiskt nät.
3. Dubbletter av vägsegment har tagits bort. Kriteriet för att klassificeras som en dubblett är att ett segment är inom tre meter från ett segment tillhörande Open Street Map.

Hållplatspunkter

Då vissa hållplatspunkter inte ska vara med i beräkningarna, tas de bort innan några anslutningar skapas. Anledningarna till att de utesluts var att:

- De har en annan användning än vanliga hållplatser (depåer och vändslingor) Dessa hållplatser saknar anknytningar i Västtrafiks reseplaneringssystem.
 - Depå Terminal G (depå för kollektivtrafik)
 - Angered Garaget (depå för kollektivtrafik)
 - Frölunda torg vändslinga, (vändplats för spårvagn)
 - Sahlgrenska Norra Vändslinga (vändplats för spårvagn)
- Turtätheten är i sammanhanget låg
 - Solängen i Olofstorp (då den enda linjen därifrån går till Vattenpalatset i Lerum med en turtäthet på en avgång per dag)
- Destinationen för linjen är inte en knutpunkt eller större attraktion
 - Trafikövningsbanan (då den har dåliga anknytningar till knutpunkter och ligger mitt i ett verksamhetsområde)
 - Siriusgatan 30, 54 och 78 (Då enda linjen, vilken med låg frekvens, trafikerar hållplatserna går till Komettorget, som inte är en knutpunkt eller innehåller några större attraktioner)

Konstruera anslutningar till hållplatspunkter från vägnät

Konstruktionen av anslutningarna från hållplatscentroiderna till vägnätverket sker i flera steg för att säkerställa att alla existerande anslutningar modelleras på ett tillräckligt bra sätt. Arbetsgången är följande:

1. Från alla plattformar har en anslutning i form av en rät linje till närmaste hållplatscentroid konstruerats, och som stoppkriterium i sökningen har ett avstånd på 110 meter använts, då det visat sig inkludera de flesta plattformarna i mer komplicerade

hållplatsområden. Metoden Nearest Neighbor Finder i FME har använts här.

2. Från alla plattformar har en anslutning i form av en rät linje till närmaste väg konstruerats. Ingen avståndsgräns har ansatts då en anslutning måste finnas för alla plattformar. Metoden Nearest Neighbor Finder i FME har använts.
3. För de hållplatser som inte har plattformar, till exempel busshållplatser utanför innerstaden, har två anslutningar konstruerats i form av räta linjer från hållplatscentroiden till vägnätet. Kriterierna är att de ska vara separerade med minst 30 grader, och inte vara längre än 30 meter. Syftet med kriterierna är att se till att hållplatscentroiden har en anslutning till båda sidor av en större väg, annars kan det bli en lång omväg som inte stämmer överens med verkliga förhållanden. För denna konstruktion har metoden Neighbor pair Finder i FME använts.

Konstruera anslutningar till adresspunkter från vägnät

För att konstruera anslutningslinjerna mellan adresspunkterna och vägnätet så har den närmaste punkten på vägnätet från varje adresspunkt hittats med funktionen Nearest Neighbor Finder i FME. Därefter har en linje skapats mellan den funna punkten och adresspunkten.

Dela vägsegment vid konstruerade anslutningar

Då nya anslutningar konstruerats från hållplatscentroiderna, adresspunkter och plattformar, måste dessa kunna kopplas ihop topologiskt med vägnätverket. För att möjliggöra detta måste vägsegmenten delas i anslutningspunkterna.

Drapering av vägar på höjdmodell och kalkylering av lutningar

För att kunna räkna ut lutningar på vägarna måste höjder ansättas till vägsegmenten. Som källa används en höjdmodell från Lantmäteriet med en upplösning på 2 meter. Vägsegmenten har draperats på höjdmodellen och därefter har startpunkt och slutpunkt extraherats. Slutligen har den genomsnittliga hastigheten beräknats enligt formeln: $W = 6 * \exp(-3,5 * \text{abs}(\text{abs}(Z_1 - Z_2)/l + 0,05))$, där

- W är gånghastigheten
- Z_1 och Z_2 är höjdkoordinaterna för ändpunkterna på vägsegmentet.
- l är längden på vägsegmentet. Den finns beräknad som attribut i objektet.

Då det i detta skede inte är möjligt att veta vilken riktning färdvägen kommer att ha över vägsegmentet, har absolutbeloppet för differensen mellan höjdkoordinaterna använts.

Bygga nätverk

Efter att alla anslutningar skapats och vägsegmenten har delats där anslutningarna ska kopplas in, byggs topologin upp. Det sker genom

att varje ändpunkt på varje vägsegment kopplas ihop med alla andra ändpunkter inom en toleransradie. Här har en toleransradie på 0,001 meter ansatts, dels för att undvika oavsiktliga kopplingar och dels för att större radie inte behövs då vägsegmenten har förlängts mot varandra i ett tidigare skede.

För att möjliggöra flera typer av analyser har nätverket skapats i tre delar:

1. De konstruerade anslutningarna från adresspunkterna till vägnätet.
2. De konstruerade anslutningarna från hållplatscentroiderna till plattformarna och vägsegment, de konstruerade anslutningarna från plattformarna till vägsegment samt plattformarna.
3. Övriga vägsegment.

Dessa tre delar är ihopkopplade till ett multimodalt nätverk.

Slutresultatet är ett topologiskt multimodalt nätverk bestående av noder och länkar.

3.2.5 Sammansättning av underlagsdata

Lokalisera adresspunkter och hållplatser

Adresspunkterna och hållplatserna kopplas ihop med vägnätverket i en OD-Cost Matrix.

Ansätta impedanser

1. Metriskt totalt nätverksavstånd från den beräknade vägen. Inga hänsyn har tagits till antalet svängar eller lutningar längsmed vägen.
2. Antalet svängar större än 20 grader. (Sevtsuk, 2010). Inga metriska avstånd har beräknats.
3. Vinkelsumman från alla svängar.
4. Summa av lutningar och avstånd längs den beräknade vägen. Resultatet är antalet sekunder färdvägen tar att tillryggalägga beroende på lutningar.

Ett stoppkriterium på 750 meter har satts.

Väglänkar utan impedans

Vissa hållplatser får en komplicerad anslutning till vägnätet, med flera länkar och plattformar. För att dessa inte ska påverka modellen i form av högre impedanser för anslutningarna till vissa hållplatser, har alla anslutningslänkar och plattformar ansatts en nollimpedans.

Genomföra OD-Cost matrix beräkningen

I det här skedet är all data inlagd i beräkningsmodellen och GIS:et prövar en stor mängd möjliga vägar för att hitta den effektivaste vägen enligt impedanskriterierna. Beräkningen tar lång tid (ca 1 timme) och tar stora resurser från datorn i anspråk. Det ska från ca

80000 adresspunkter räknas ut den effektivaste vägen till de ca 800 hållplatserna.

3.2.6 Aggregering av data

Summera antalet boende per hållplats enligt resultat från OD-Cost matrix modellen

Genom att i Access skapa frågor som väljer ut den koppling mellan adresspunkt och hållplatspunkt som har minst impedans (enligt testad modell) kan resultatet i form av en tabell importeras till FME, för att där aggregeras till hållplatspunkterna, baserat på kopplingsinformationen om den effektivaste vägen.

Resandestatistik från olika tider på dygnet

Resandestatistiken består av antalet påstigande per hållplats och innehåller tidpunkt. Därför kan olika tidsperioder undersökas.

Då undersökningen utgår från människors resor från bostäder till andra målpunkter i staden, så har olika beräkningar gjorts för resor under följande tider:

- Hela dygnet (00-24)
- Morgon och förmiddag (05-12)

Då modellerna utgår från antalet boende och stämplingar vid påstigning, är förväntningen att modellpassningen borde vara större för urvalet av resande under morgon och förmiddag.

Förklaringsvariabler från områdesfakta

Ett antal olika socioekonomiska och demografiska faktorer kan antas påverka modellen. Därför har de tagits med i beräkningen i syfte att undersöka hur mycket samband modellen svarar för och hur mycket samband dessa variabler står för.

Datan är sorterad per primärområde, och alla hållplatser har tilldelats primärområdesnummer utifrån kartan över primärområden. Arbetsgången är att addera dessa variabler till varje hållplatspunkt beroende på vilket område hållplatspunkten är lokaliserad i.

3.2.7 Statistiska beräkningar

Innan regressionsberäkningarna genomförts gjordes en analys av frekvensdistributionen hos de ingående variablerna i modellen.

Analysen visade att både antalet boende och antalet resande inte är normalfördelade. Då en linjär regressionsmodell bygger på att variablerna är normalfördelade, bör en transformation göras på variablerna. Syftet med transformationen är att variablernas inverkan på modellen ska omfördelas, här för att ge de prov med låga värden en större vikt i analysen, och att minska de höga värdenas påverkan på modellen. Detta har skett genom att applicera en

kvadratrotsfunktion på variablerna för antal boende och antal resande. Övriga variabler är tillräckligt normalfördelade för analysen.

Slutligen har regressionsanalyser gjorts enligt minsta kvadratmetoden. De har gjorts för alla de testade modellerna och även en separat beräkning för att testa de socioekonomiska och demografiska variablerna.

Regressionsanalysen har gjorts med ett inbyggt verktyg i ArcGIS. Verktöget räknar ut flera viktiga parametrar från modellen:

- Signifikans för alla förklaringsvariabler.
- Koenker (BP) test för att undersöka eventuell heteroskedasticitet och/eller spatial klustring.
- Robust signifikans för variablerna, ifall Koenker testet är signifikant.
- Signifikans för modellen.
- Wald test för modellen, ifall Koenker testet är signifikant.
- Jaque-Bera test för att undersöka residualernas normalfördelning.
- VIF (Variance Inflation Factor), samvariation mellan förklaringsvariablerna.

Ett p-värde $< 0,01$ bedöms som statistiskt signifikant.

Urval av områdefakta

För att avgöra om de socioekonomiska och demografiska variablerna kan hjälpa till att förklara modellen, så gjordes först en separat analys av dem. Resultatet av analysen var att endast nedanstående variabler var signifikanta och hade ett förklaringsvärde:

- Andelen äldre (65+)
- Antal bilar per 1000 invånare

De variabler som uteslöts var:

- Medelinkomst
- Andelen yngre (0-18)
- Andel yrkesverksamma
- Andelen hyresrätter
- Kvot mellan dag- och nattbefolkning

Anledningen till att dessa togs bort var att de:

- Saknade ett signifikant samband med den beroende variabeln.
- Växlade tecken på koefficienterna beroende på vilka modeller och variabler som ingick i analysen.

Ovanstående faktorer visar att de saknar ett rimligt förklaringsvärde i den aktuella studien.

Uteslutning av hållplatspunkter i analysen

Då vissa hållplatser inte ligger i bostadsområden eller ligger långt i utakanten, kommer antalet boende i kalkylen att bli noll. Då modellerna bygger på att beräkna antalet boende, har dessa hållplatser därför exkluderats från analysen.

Outliers

Outliers är ett begrepp för enstaka värden som avviker kraftigt från de predikterade värdena. De minskar modellens passförmåga på ett oproportionerligt sätt. Då de har bedömts vara orimliga mätvärden har följande hållplatspunkt uteslutits:

1. Allhelgonakyrkan (104730 resande, vilket är mer än 12 standardavvikelser större än medianvärdet samtidigt som antalet boende i upptagningsområdet är 2204)

3.3 Resultat av regressionsanalys

3.3.1 Korrelationer

Korrelationer för de olika modellerna

En signifikant korrelation kunde påvisas mellan antalet resande per hållplats och samtliga modeller.

Beräkningarna är baserade på resenärer under morgon och förmiddag, samt att det undersökta området är ytterstaden.

Tabell 1 Korrelationer för de olika modellerna

Modell:	Justerad r^2
Längdmodell	0,60
Längdmodell med lutning	0,58
Kognitiv modell med antal svängar	0,55
Kognitiv modell med vinkelsumma	0,54
Buffertzoner	0,49

Korrelationer för olika områden och tidsspänn

I denna tabell är endast längdmodellen medtagen, men mönstret är detsamma i alla modeller.

Tabell 2 Korrelationer för olika områden och tidsspänn

Område och tid	Justerad r^2
Ytterstaden, morgontimmar	0,60
Ytterstaden, hela dygnet	0,58
Hela staden, morgontimmar	0,57
Hela staden, hela dygnet	0,52

3.3.2 Koefficienter

Koefficienternas storlek visar på hur mycket variansen hos den beroende variabeln (antalet resande) som kan förklaras av ändringar i de oberoende variablerna.

Tabell 3 Koefficienter för de oberoende variablerna

Modell:	Boende	Andel äldre	Bilar per 1000 invånare
Längdmodell	1,886	0,953	-0,034
Längd modell med lutning	1,864	0,979	-0,037
Kognitiv modell med antal svängar	1,695	1,225	-0,045
Kognitiv modell med vinkelsumma	1,693	1,115	-0,046
Buffertzoner	0,937	1,258	-0,014

Noterbart är att parallellt med sjunkande r^2 hos de testade modellerna, sjunker grundvariabelns (antal boende beräknat enligt använd modell) relativa del av förklaringsvärdet, samtidigt som påverkan av andelen äldre stiger. Influensen av variabeln antal bilar per 1000 invånare ökar med sjunkande r^2 , förutom för modellen med buffertzoner.

3.3.3 Modellpassning

Signifikans för de oberoende variablerna

Alla använda variabler i alla modeller är signifikanta. Koenker (BP) testet är signifikant (<0.01). Det kan bero på att variablerna är heteroskedastiska. Det innebär att subgrupper kan ha olika variationer gentemot varandra eller att värdena är geografiskt klustrade. För att vara säker på att förklaringsvariablerna är signifikanta måste de därför testas med robust signifikans. Detta visade också att alla ingående variabler var signifikanta.

Signifikans för modellerna i helhet

Eftersom Koenker (BP) testet var signifikant (<0.01), prövades modellens signifikans med Wald test, inte Joint f-test såsom brukligt. Även detta test visar att modellerna var signifikanta.

Den nedan redovisade modellen är baserad på längd, området ytterstaden och resestatistik från morgon och förmiddag. Övriga modeller, områden och tidsspann var också signifikanta.

Tabell 4 Test för modellernas signifikans

Koenker (BP) Test	Prob(>chi-squared), (3) degrees of freedom:	0,000000
Joint Wald Test	Prob(>chi-squared), (3) degrees of freedom:	0,000000

Jarque-Bera testet var signifikant, vilket visar att residualerna sannolikt inte är normalfördelade. Det kan betyda att modellen saknar någon förklaringsvariabel.

Tabell 5 Test för residualernas fördelning

Jarque-Bera test	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom:	0,000001
------------------	--	----------

Att undersöka varför residualerna inte är normalfördelade har inte gjorts inom ramen för denna studie, men det skulle kanske kunna hjälpa till att finna fler förklarande variabler.

3.3.4 Variabler från områdefakta

Ett test med enbart urvalet av dessa variabler i en beräkning visade på god modellpassning. Testet är baserat på ytterstaden med resestatistik från morgon och förmiddag.

Tabell 6 De socioekonomiska och demografiska variabelernas resultat

Variabel	Koefficient	VIF (samvariation)	Justerat r^2
Andel äldre	1,98	1,00	0,07
Antal bilar per 1000 invånare	-0,14	1,00	0,19
Andel äldre + Antal bilar per 1000 invånare	2,25	1,01	0,29
	-0,15		

Modellen totalt har ett r^2 på 0,29, vilket får anses som ett bra resultat, i jämförelse med de andra modellerna, trots att statistiken är baserad på en grov områdesindelning.

Samvariationen (Variance Inflation Factor) i sammanhanget är låg (rekommenderat värde är <7,5, och grundvärdet är 1). Detta visar att det inte finns någon betydelsefull samvariation mellan dessa variabler.

3.3.5 Samvariation mellan förklaringsvariablerna

En regressionsanalys sinsemellan modellerna visar på en samvariation. Detta innebär att det kan bli svårt att slå ihop dessa metoder i sin nuvarande form för att nå ett större förklaringsvärde.

Tabell 7 Samvariationen mellan de modellbaserade förklaringsvariablerna

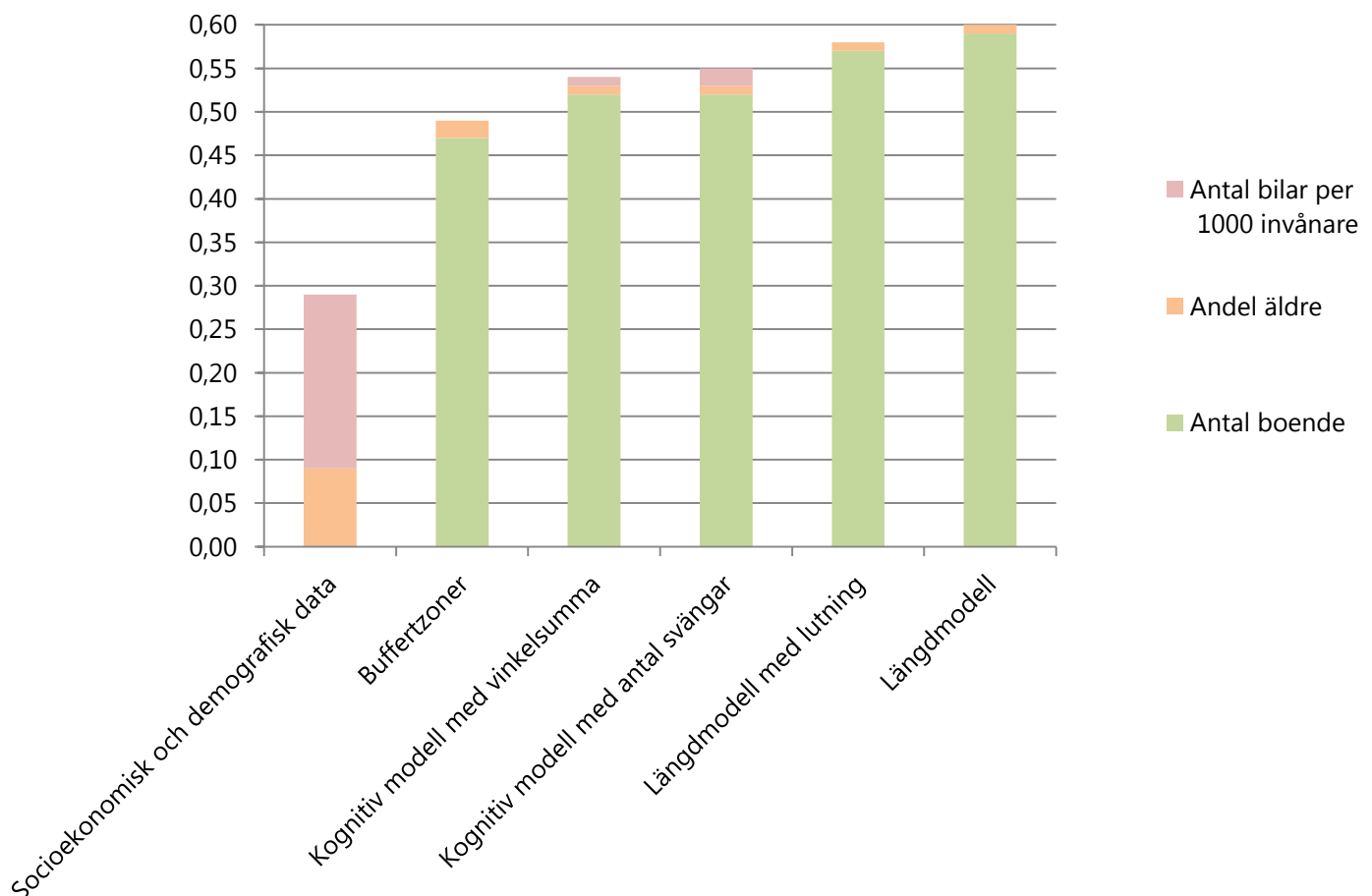
Modell som jämförs med längdmodellen	Justerad r^2
Längdmodell med höjdmodellering	0,98
Modell med antal svängar	0,84
Modell med vinkelsumma för alla svängar	0,86
Modell med buffertzoner	0,70

En regressionsanalys med alla modeller med som förklaringsvärde visade justerat r^2 på 0,59. Samvariationen mätt i VIF var dock över 50, vilket indikerar att modellen är inte fungerar bra.

4 Slutsats och diskussion

4.1 Inledning

Alla undersökta modeller har en korrelation mellan de undersökta variablerna och förväntat utfall, men graden av prediktion och variablernas inverkan på modellerna varierar.



Figur 16 Sammanställning av modellernas samt de socioekonomiska och demografiska variablernas inverkan på antalet resande.

4.1.1 Prediktion

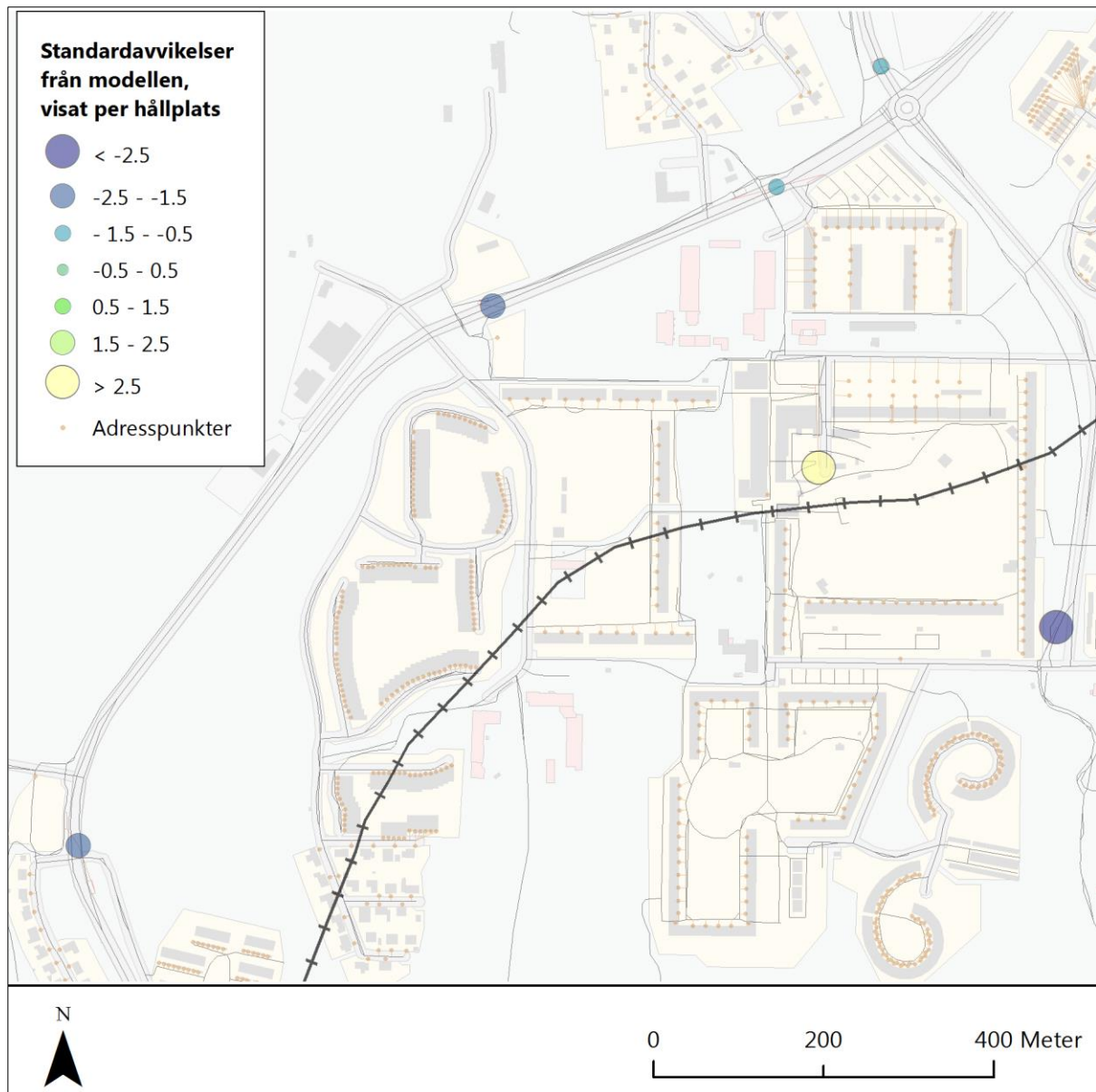
Modellernas förmåga att förutspå vilken hållplats som väljs utifrån adressens spatiala tillgänglighet till den, ligger i intervallet 54-60% (r^2 mellan 0,54-0,60), med undantag för buffertmetoden, som ligger under 50%. Att buffertmetoden har sämre prediktion är inte konstigt med tanke på att den inte tar hänsyn till vägnätverkets konfiguration och genhetsknot.

4.1.2 Felkällor

I en undersökning finns det många felkällor, både slumpartade och determinerade.

Olika attraktivitet hos hållplatserna

Olika hållplatser trafikeras ibland av olika linjer inom samma område. Det kan också vara en blandning av spårvagns- och busshållplatser, såsom i nedanstående avbildat område.



Figur 17 Avvikelser från modellens prediktion. Kartutsnittet är från Hjällbo.

Spårvagnshållplatser i närheten av busshållplatser kan skapa en skillnad i attraktivitet och därmed antal resande, på grund av spårfaktorn. (Bengtsson & Strömberg, 2012) I korthet innebär spårfaktorn att spårbunden kollektivtrafik är attraktivare än vägbunden trafik. I figuren kan man se att spårvagnshållplatsen har fler resande än vad modellen predikterar, samtidigt som de andra hållplatserna har färre resenärer än vad modellen predikterar. Det kan betyda att spårfaktorn påverkar detta områdets fördelning av resenärer på de olika hållplatserna.

Saknade förklaringsvariabler

Resultatet av Jaque-Bera testet visar att residualernas värden kan vara geografiskt beroende. Det kan betyda att det finns fler geografiska förklaringsvariabler för kollektivtrafikanvändningen än i dessa modeller. Grundmaterialets potentiella felkällor kan möjligtvis förklara delar av residualernas avvikelse från normalfördelningen. Felens inbördes storlek och påverkan är svåra att uppskatta och därför svåra att korrigera för i den nuvarande modellen.

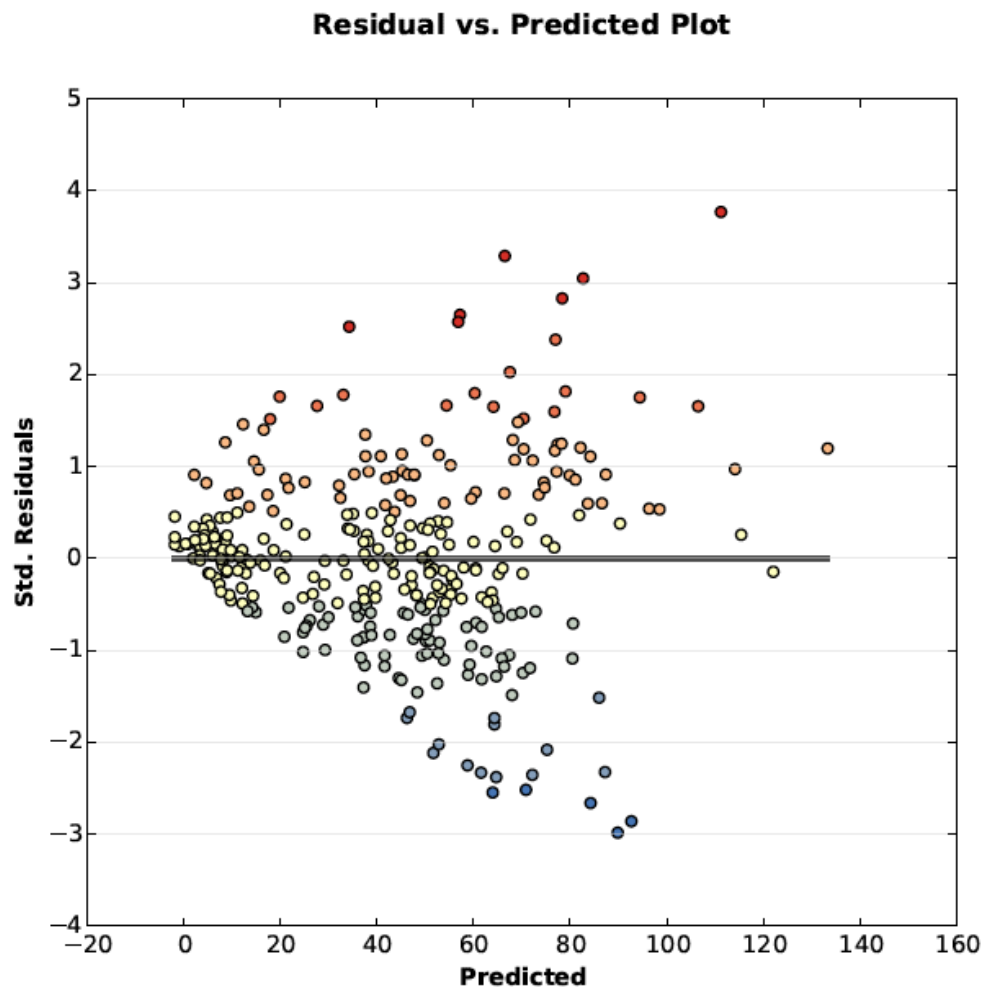
Spatiala felkällor

Koenker (BP) testet pekar på att modellens variabler inte är homogent fördelade.

Dessa resultat kan bero på olika faktorer:

- Sämre granularitet (än vad modellerna har) för den socioekonomiska och demografiska datan.
- Olika områden har olika behov av kollektivtrafik beroende på geografisk lokalisering och avstånd till innerstaden.
- Annan okänd geografisk faktor.

Skillnaden mellan analyserna av hela staden jämfört med ytterstaden antyder också att ytterstaden kan ha ett annat behov av kollektivtrafik, då korrelationen var högre utan innerstaden medräknad. Då omfattningen av en sådan undersökning är för stor har den aspekten utelämnats helt i denna studie.



Figur 18 Residualerna för analysen av ytterstaden med resenärer på förmiddagen och den längdbaserade modellen.

Slumpartade fel i mätmaterialet

Alla mätningar innehåller slumpartade fel och idealet är en modell som bara innehåller slumpartade fel, ty dessa kan inte på ett enkelt sätt specificeras i en modell.

4.2 Tolkning av resultatet för den spatiala tillgängligheten till hållplatser

4.2.1 Modellen med buffertzoner

Buffertzoner är en jämförelsevis enkel metod, som har sina begränsningar. Den visar en viss grad av förutsägelse, som är statistiskt signifikant. Dock visar koefficienterna att den inte presterar bra utan de socioekonomiska och demografiska stödvariablerna. Den är i denna studie sammantaget inte lika bra för att modellera förflyttningar jämfört med de andra modellerna.

Även om korrelationerna är bra för denna modell så uppkommer problemet med att den överskattar antalet människor med

tillgänglighet till en hållplats, huvudsakligen på grund av överlappning mellan buffertzonerna (Biba, Manca, & Curtin, 2014), men också för att vissa färdvägar är mycket längre än buffertzonens radie multiplicerat med 1,3. Den här studien visade på en överskattning av antalet boende med tillgänglighet till hållplatsen, med > 300%, jämfört med de andra modellerna.

Ett annat problem kan vara att en del boende inte alls når hållplatsen inom 750 meters gångväg. Modellen kan inte alltid uppskatta det verkliga avståndet eftersom kompensationsfaktorn på 1,3 för nätverkets krokighet är ett genomsnittsvärde. Det är därför tveksamt att använda modellen för att tillgodose människors spatiala tillgänglighet till kollektivtrafik. Detta överensstämmer med tidigare studier. (Zhao, 2003, s. 2)

Modellen har dock ett värde för att grovt utvärdera placering av hållplatser och den spatiala tillgängligheten för boende omkring.

4.2.2 Restidsmodellerna

Restidsmodellerna har traditionellt använts för analyser av tillgänglighet i städer, och i denna undersökning fungerar de bäst av de testade modellerna för prediktion av förflyttningar.

Studie av väglutningar i modellen

Att räkna med den extra tiden som krävs för att överkomma lutningar på vägarna har gjorts, och resultatet av det är förvånande nog lite sämre korrelation än den enkla avståndsberäkningen. Det kan bero på flera saker;

1. Antalet vägalternativ är så få att den lilla påverkan på avståndet inte är tillräcklig för att en annan väg ska bli snabbare.
2. När människor kalkylerar väg så tas inte hänsyn till denna faktor eftersom kartor är tvådimensionella. Flera studier pekar på att vår uppfattning om avstånd är tvådimensionell och därmed är man inte uppmärksam på höjdskillnader. (Sevtsuk, 2010).
3. Det kan också vara så att höjdmodellens begränsade upplösning eller den valda beräkningen av restidsändringarna inte modellerar verkligheten tillräckligt precist.

4.2.3 De kognitiva modellerna

De kognitiva modellerna är relativt nya företeelser som istället fokuserar på de upplevda rummen och orientering i dessa. Dessa modeller visade också på en god prediktiv förmåga. Detta kan upplevas som förvånande då ingen hänsyn tagits till metriskt avstånd eller restid. Korrelationen var dock inte lika hög som för modellerna med avstånd. Dessa modeller är troligen mindre lämpade som planeringsmodeller för kollektivtrafik än restidmodeller. Orsaken till det sämre sambandet kan vara att antalet vägsegment och därmed svängar som måste passeras i stadsrummet är stort. Detta trots att stadsrummet är relativt överblickbart och därför inte renderar en lika

stor kognitiv insats som modellen konstruerar. Resultatet kan därför vara att denna analys överskattar den kognitiva insatsen. (Xia, 2013) Denna felkälla skulle kanske kunna minskas genom att använda en vanlig analysmetod inom space syntax forskning; axiallinjer. (Hillier, Space is the machine, 1996) Användning av axiallinjer skulle dock kraftigt försvåra eller omöjliggöra möjligheten att skapa jämförbara modeller, varför de inte har använts i denna studie.

Vinkelsumma eller antalet svängar

För att beräkna den kognitiva insatsen som krävs kan dels antalet svängar beräknas (Sevtsuk, 2010). Det går också att summera alla vinkelavvikelser mellan vägsegmenten i varje sväng (Turner, Angular Analysis, 2001). I denna studie testades beräkningar med total summa av vinkelavvikelser och den presterade sämre än modellen med antal svängar. Orsaken kan vara att vår kognitiva uppfattning om svängar snarare är diskret än kontinuerlig. Detta talar för att metoden med att räkna svängar är mer adekvat. (Hillier, Space is the machine, 1996)

4.2.4 Förklaringsvariabler från områdesfakta

Flera olika demografiska och socioekonomiska variabler prövades inom ramen för denna studie. De som var statistiskt signifikanta och visade störst förklaringsvärde var antalet bilar per 1000 invånare och andelen äldre (65+). Sambanden var:

1. Ett negativt samband med antal bilar per 1000 invånare. Det är rimligt, eftersom bilar oftast ägs för att användas frekvent.
2. Ett positivt samband med andelen äldre. Detta resultat är också rimligt med tanke på att en del äldre kör bil i mindre utsträckning, och därmed oftare använder kollektivtrafik.

Sammanslaget med den spatiala tillgänglighetens påverkan på det totala resultatet är inverkan av dessa variabler liten (några få procentenheter på en total förklaringsgrad över 50%), med undantag för buffertmodellen. Det kan bero på statistikens granularitet. Mer sannolikt visar det att människors användning av kollektivtrafik till större del avgörs av den spatiala tillgängligheten, än beroende på deras ålder eller tillgång till bil.

Sannolikt skulle en större grad av prediktion kunna uppnås med statistik av finare granularitet, men den är svårare att nå av integritetsskäl.

4.2.5 Oväntade och väntade resultat

Att längden på färdvägen visar den bästa korrelationen med antal resande är inte förvånande med tanke på tidigare analyser. (Handy, Boarnet, Ewing, & Killingsworth, 2002) Det som var mest oväntat med tanke på tidigare forskning är att modifieringen av restiden deriverat från vägsegmentens lutning, inte visar på någon större korrelation än

enbart längden. Det borde det göra om människors val av väg styrs av restiden.

Resultaten av de kognitiva modellerna visade inte lika hög korrelation som den längdbaserade. Eftersom få studier har gjorts på tillgänglighet till specifika platser enligt denna modell, är resultatet en bra grund för framtida studier.

Buffertmodellen presterade sämst av de testade modellerna. Det var ett väntat resultat då ett vägnätverk i praktiken aldrig kan modelleras korrekt med euklidiska avstånd. Detta är bara en grov approximation. I en ideal radiell stad såsom Palmanova (Kostof, 1991), med en hållplats i mitten skulle modellen fungera perfekt.

4.3 Vad förklarar dessa modeller om människors vägval i stadsrummet

4.3.1 Olika syften med att gå

Målpunkter eller rekreation? Syftet med människors förflyttningar i stadsrummet kan sammanfattas med att man antingen:

1. Måste gå; till exempel till hållplats för vidare färd till skola eller jobb. Det kan också vara regelbundna besök i affärer eller andra typer av samhällelig service.
2. Vill gå; vilket exempelvis kan vara rekreationella promenader eller shoppingrundor inne i staden. Dessa promenader görs antagligen inte under någon större tidspress, och en del av syftet kan vara själva promenaden, inte att gå rakaste vägen till en målpunkt.

(Handy, Boarnet, Ewing, & Killingsworth, 2002)

En tolkning av detta resultat, tillsammans med resultat av tidigare forskning, är att olika typer av modeller krävs för att fånga dessa olika typer av förflyttning.

Restidsmodeller har använts just för att modellera spatial tillgänglighet till vardagliga målpunkter såsom service eller skolor. (Biba, Manca, & Curtin, 2014) (Reneland, Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS, 1998) (Bath, o.a., 2002) Här finns det anledning att tro att människor väljer väg utifrån vad de uppfattar är kortaste och/eller snabbaste vägen. Resultatet i denna studie stöder tidigare forskning som visar att längden till målpunkter är den utslagsgivande impedansen. (Bath, o.a., 2002)

Kognitiva modeller, till exempel space syntax modeller, används ofta för att undersöka spatial tillgänglighet i stadskärnor. (Hillier, Space is the machine, 1996) Dessa har också prövats för att analysera tillgång till grönytor. (Marcus & Stähle, 2005) Många rörelser i stadskärnor görs av människor som inte är där till vardags eller inte känner sig välorienterade. Den kognitiva ansatsen kan kanske förklara dessa

förflyttningar på ett bättre sätt. Förflyttningar i stadskärnor kan också till stor del vara av den mer rekreationella typen, varför ett antagande kan vara att space syntax analyser bättre beskriver denna typ av rörelser. Inom space syntax forskningsfältet används också begreppet "Natural movement", vilket syftar till rörelser på stadsgator, utan specifika start- eller målpunkter. (Hillier, Space is the machine, 1996)

4.4 Användbarhet

De testade modellerna eller delar av dem, kan vara användbara, både för annan forskning men också för samhälls- och kollektivtrafikplanering. Då korrelationerna når upp till r^2 på 0,5-0,6 betyder det att också andra faktorer borde letas upp och tas med i beräkningarna. Det kan handla om hållplatsernas attraktivitet och geografiska distribution. Sannolikt skulle det vara möjligt att utveckla en insticksmodul till ett GIS, vilken kan räkna ut den effektivaste placeringen av hållplatser.

4.5 Möjligheter till fler analyser

4.5.1 Boyta och lokalyta

Ett annat sätt att mäta antalet människor med behov av kollektivtrafik skulle kunna vara att summera bruttototalarea, eller boarea + lokalarea. Det finns rimligtvis en viss korrelation med antalet människor som bor, besöker eller är verksamma på dessa ytor. Att använda dessa i ovan använda beräkningsmodeller kan låta sig göras utan större ändringar i modellerna. Ett problem med en sådan undersökning är dock att data för areor per hus måste anskaffas.

4.5.2 Smitvägar

Över gräsmattor, genom parker och tvärsöver olika impediment förekommer det ofta att människor tar en genare väg. Dessa vägar är nästan aldrig karterade och ingår därför sällan i denna typ av analyser. En studie om dessa "smitvägar" och hur de bidrar till människors val av väg är av stort intresse, och kan möjliggöra en bättre prediktion av var de kommer att skapas. Detta är värdefullt i planeringen av nya områden.

4.5.3 Områdestypologier och morfologi

Det är sannolikt att olika typologier och morfologier också påverkar människors val av väg; detta kan studeras vidare med möjligt intressanta resultat.

4.5.4 Olika befolkningskategorier

I denna studie har den totala befolkningens spatiala tillgänglighet till kollektivtrafik studerats. Dock påpekar tidigare studier (Tornberg & Westerlund, 2004) att äldre människor och människor med funktionshinder kan ha flera begränsningar i sin tillgänglighet, både vad avser lutningar på vägar men även totalavstånd till hållplats. En fördjupning med fokus på denna grupp skulle kunna generera flera användbara resultat för planeringen av kollektivtrafiken.

4.5.5 Integration av modellerna med andra modeller för andra typer av förflyttningar.

Kan de undersökta modellerna integreras med modeller för andra typer av resor (såsom bil eller tåg)?

Så som antytts ovan verkar dessa två teoribildningar fungera bäst i olika typer av områden och för skilda typer av förflyttningar. Men i denna undersökning hade båda modellerna en i sammanhanget god korrelation med empirisk data. Med tanke på att de konstruerats och analyserats i samma GIS skulle en integration sinsemellan och med andra modeller kunna undersökas vidare.

4.6 Exkurs

4.6.1 Demografi och biläggande

Som analyserna har visat finns det ett signifikant positivt samband mellan andelen äldre och andelen kollektivtrafikresenärer. Dessutom finns det ett signifikant negativt samband mellan antal bilar per 1000 invånare och antalet kollektivtrafikresenärer. Detta kan utforskas ytterligare, då det går att analysera dessa variabler med enkla metoder samt att god tillgång till data finns.

4.7 Sammanfattning

Denna studie antyder att den spatiala tillgängligheten, beroende på impedanser i färdvägen, spelar den största rollen för människors val av väg.

Resultaten antyder att alla studerade modeller fungerar bäst i ytterstaden, där renodlade bostadsområden är den dominerande bebyggelsestypen. Detta kan sannolikt förklaras med att modellen huvudsakligen undersöker människors väg till hållplatser utifrån var de bor. I renodlade bostadsområden görs inte så många andra typer av resor som kan påverka undersökningsdatat.

Det tycks som att längden på färdvägen spelar den största rollen för val av väg för den typen av förflyttningar som undersökts.

Alla konstruerade modeller hade goda korrelationer, trots deras totalt skilda beräkningar av impedans. Detta talar för att modellerna

förutspår olika aspekter av människors val av väg. Eftersom modellerna konstrueras och analyseras i samma GIS, borde en sammanslagning vara möjlig att studera.

Då de konstruerade modellerna visar på bättre korrelation än den vanligtvis använda buffertmetoden, borde de kunna utvecklas till stödmetoder för att planera kollektivtrafik. Modellerna är komplexa, så en förenkling av dem är isåfall ett lämpligt mål för en framtida studie.

5 Förteckningar

5.1 Figurförteckning

Figur 1 Topologiskt nät med noder och länkar	10
Figur 2 Euklidiskt avstånd mellan två punkter.....	10
Figur 3 Centroid för en oregelbunden polygon.....	10
Figur 4 Färdväg från en nod till en annan genom ett topologiskt nät.	11
Figur 5 Höjdmodell med vattenytor över de centrala delarna av Göteborg	17
Figur 6 Buffertzoner omkring hållplatser i Kortedala. Radien är baserad på 600 meter dividerat med 1,3.	19
Figur 7 Upptagningsområden i Kortedala	20
Figur 8 Vägar som går att nyttja av fotgängare.....	21
Figur 9 Modell med väglänkar, vägnätverksnoder, adresspunkter och hållplatser, samt anslutningar till adresspunkter och hållplatser. Området är Högsbohöjd.....	23
Figur 10 Upptagningsområden för hållplatser i Utby, i detta fall baserat på färdvägarnas längd.	24
Figur 11 De områden som definierats som innerstad i denna studie	25
Figur 12 Adresspunkterna som använts som underlag i denna studie	28
Figur 13 Det urval av hållplatser med antal resande, som använts i denna studie.	29
Figur 14 Indelningen av Göteborgs stad i primärområden	30
Figur 15 Matris för databearbetningen	33
Figur 16 Sammanställning av modellernas samt de socioekonomiska och demografiska variabelernas inverkan på antalet resande.....	47
Figur 17 Avvikelser från modellens prediktion. Kartutsnittet är från Hjällbo.	48
Figur 18 Residualerna för analysen av ytterstaden med resenärer på förmiddagen och den längdbaserade modellen.	50

5.2 Tabellförteckning

Tabell 1 Korrelationer för de olika modellerna	43
Tabell 2 Korrelationer för olika områden och tidsspann.....	43

Tabell 3 Koefficienter för de oberoende variablerna	44
Tabell 4 Test för modellernas signifikans	45
Tabell 5 Test för residualernas fördelning	45
Tabell 6 De socioekonomiska och demografiska variablernas resultat	45
Tabell 7 Samvariationen mellan de modellbaserade förklaringsvariablerna	46

6 Litteraturförteckning

Alexander, C. (April 1966). A city is not a tree. *Design*, 206, ss. 46-55.

ANDERSSON, C. (2002). *SPACE SYNTAX ETT SÄTT ATT SE STADSPLANERING I NYA DIMENSIONER EN STUDIE PÅ FRIHAMNEN I GÖTEBORG*. Karlskrona: Blekinge Tekniska Högskola.

Ashley DHANANI, L. V. (2012). FROM THE AXIAL LINE TO THE WALKED LINE: evaluating the utility of commercial and user-generated street network datasets in space syntax analysis. *Proceedings: Eighth International Space Syntax Symposium* (s. 8211.1). Santiago de Chile: Proceedings: Eighth International Space Syntax Symposium.

B Jiang, C. C. (1999). Geometric accessibility and geographic information: extending desktop GIS to space syntax. ss. 127-146.

Bath, C., Hany, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Gopal, A., Srour, I., o.a. (2002). *Development of an Urban Accessibility Index: Formulations, Aggregation, and Application*. Austin: The University of Texas.

Batty, M. (2004). *Distance in Space Syntax*. Centre for Advanced Spatial Analysis. London: University College London.

Bengtsson, V., & Strömberg, S. (2012). *Spårfaktorn - En begreppsanalys*.

Biba, S., Manca, G., & Curtin, K. (2014). Who Can Access Transit? Reviewing Methods for Determining Population Access to Bus Transit. *Cityscape: A Journal of Policy Development and Research*, 16(2), ss. 193 - .

Dalton, R. C. (2001). The Secret is to Follow Your Nose Route Path Selection and Angularity. *Proceedings . 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001* (s. 47.1). Atlanta: Proceedings . 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001.

Gehl, J. (1971). *Cities for people*.

Geografiskt informationssystem - Wikipedia. (den 30 03 2015). Hämtat från Wikipedia: http://sv.wikipedia.org/wiki/Geografiskt_informationssystem den 20 04 2015

Göteborgs stad. (den 01 01 2015). *Statistik Göteborg*. Hämtat från Göteborgs stad: <http://www4.goteborg.se/prod/G-info/statistik.nsf> den 01 01 2015

Hagson, A. (2004). *STADS- OCH TRAFIKPLANERINGENS PARADIGM*. Göteborg, Sverige: Chalmers Tekniska Högskola.

- Handy, S., Boarnet, M., Ewing, R., & Killingsworth, R. (2002). How the Built Environment Affects Physical Activity. *American Journal of Preventive Medicine*.
- Hillier, B. (1996). *Space is the machine*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Hillier, B. (2003). The Architectures of seeing and going: Or, are Cities Shaped by Bodies or Minds? And is there a Syntax of Spatial Cognition? *The Architectures of seeing and going: Or, are Cities Shaped by Bodies or Minds? And is there a Syntax of Spatial Cognition?* (ss. 06.0 - 06.34). London: Proceedings of the 4th International Symposium in Space Syntax.
- Hillier, B., & Penn, A. (2004). Rejoinder to Carlo Ratti. *Environment and Planning B*, 31, s. 501 ^ 511.
- Hsiao, S. J. (1997). Use of Geographic Information System for Analysis of Transit Pedestrian Access. *Transportation Research Record 1604*, ss. 50-59.
- Iida, S. H. (2005). *Network effects and psychological effects: a theory of urban movement*. London: University College London, UK.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House.
- Karlsson, A.-S. (2010). *GIS-baserad analys av äldres tillgänglighet i närmiljön -en studie i Gävle kommun*. Sundsvall: Mittuniversitetet, Institutionen för hälsovetenskap.
- Kostof, S. (1991). *The city shaped*.
- Kristiansson, J., & Tavakoli, P. (2004). *GIS-baserad analys av kollektivtrafikens tillgänglighet. Fallstudie: Utbyggnad av spårvägen i Norrköping*. Linköping: Institutionen för teknik och naturvetenskap Linköpings Universitet.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge: The technology press & Harvard University press.
- Makri, M.-C., & Folkesson, C. (u.d.). *Accessibility Measures for Analyses of Land Use and Travelling with Geographical Information Systems*.
- Manley, D. E. (08 2011). *Spatial cognition and behaviour*. Hämtat från Urban movements, Flows, behaviours and Networks in the city: <http://urbanmovements.co.uk/category/cognition-and-behaviour/> 03 1015
- Manley, D. E. (den 20 Juni 2012). *Navigating the city: Minimising distance but NOT minimal distance*. Hämtat från Urban movements: Flows, Behaviour and Networks in the city: <http://urbanmovements.co.uk/2012/06/20/navigating-the-city-minimising-distance-but-n/> den 28 April 2015

- Manley, E., Cheng, T., & Emmonds, A. (u.d.). Understanding Route Choice using Agent-based Simulation. *GeoComputation 2011*. Session 2A: Agent-Based Modelling (1).
- Marcus, L., & Ståhle, A. (2005). *Place Syntax - Geographic Accessibility with Axial Lines in GIS*. School of Architecture. Stockholm: KTH.
- Nadia Charalambous, M. M. (2012). *Space Syntax: Spatial Integration Accessibility and Angular Segment Analysis by Metric Distance (ASAMeD)*. Department of Architecture, University of Cyprus.
- Reneland, M. (1998). *Begreppet tillgänglighet*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Reneland, M. (1998). *Tillgänglighetsvillkor i svenska städer – TVISS*. Göteborg: Tema Stad & Trafik, sektionen för arkitektur.
- Reneland, M. (2002). *A GIS-Method to Calculate Accessibility by Car, Bus, Cycle and Foot*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- S. Bibaa, K. C. (den x Mars 2010). A new method for determining the population with walking access to transit. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(3), ss. 347-364.
- Sevtsuk, A. (2010). *Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA.* . Boston, USA: MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY .
- stad, M. (2014). *Gångstråksplan*. Malmö: Malmö Stad.
- Ståhle, A. (x 2005). *Mer park i tätare stad*. Stockholm: Arkitekturskolan KTH .
- Svensson, J. (2007). *Tillgänglighet för personer med funktionsnedsättningar*. Göteborg: Institutionen för arkitektur CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA.
- Tausch, G. (2009). Metric Mean Distance Reconsidered. *Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium* (s. 111.1). Stockholm: Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium.
- Tobler, W. (1993). *THREE PRESENTATIONS ON GEOGRAPHICAL ANALYSIS AND MODELING*. NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATION AND ANALYSIS. Santa Barbara: University of California.
- Tornberg, J., & Westerlund, Y. (2004). *GIS som verktyg för planering och utvärdering av flexibel kollektivtrafik*. Göteborg.
- Trafikanalys. (2014). *Metod för tillgänglighetsanalys i kollektivtrafiken*. Stockholm: Trafikanalys.

- Turner, A. (2001). Angular Analysis. *Proceedings . 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001* (ss. 30.0 - 30.11). Atlanta: 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001.
- Turner, A. (den x x 2005). From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Planning and Design* (34(3)), ss. 539 – 555.
- Xia, X. (2013). *A Comparison Study on a Set of Space Syntax based Methods*. Gävle: Högskolan i Gävle.
- Zhao. (2003). Forecasting Transit Walk Accessibility: A Regression Model Alternative to the Buffer Method. *TRB 2003 Annual Meeting*.

Bilaga A: Impedansberäkningar för svängar

Summering av vinkelförändringar

Dim SumAngle

If Turn.Angle > 180 Then

SumAngle = 360 - Turn.Angle

Else

SumAngle = Turn.Angle

End If

//Hantering av ifall svängen går in på eller inom hållplatsskaften

If toEdge.AttributeValueByName("HirTest")=3 Then

SumAngle = 0

End If

Summering av antal svängar

Global Turn Evaluator med Parametrarna:

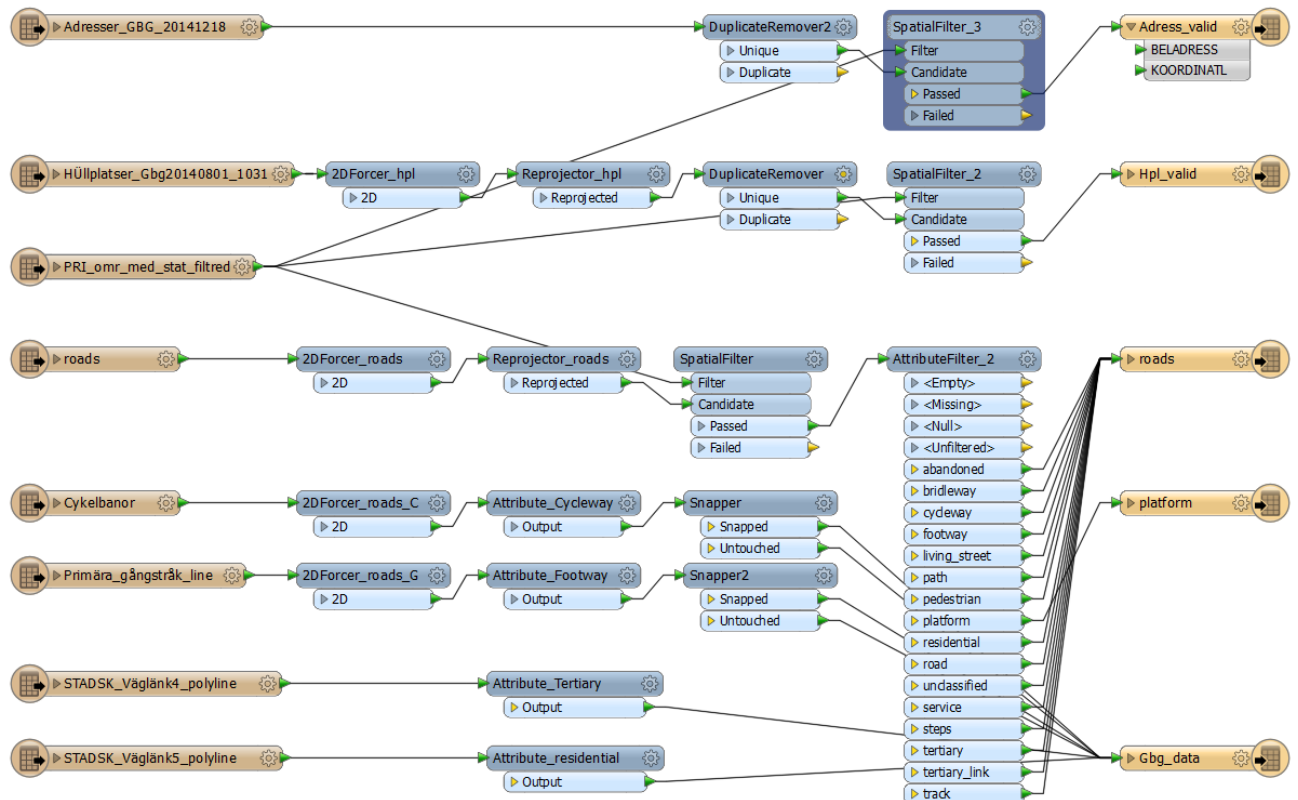
Om svängen går till en vanlig väg

Svängar > 20 grader -> 1 sväng

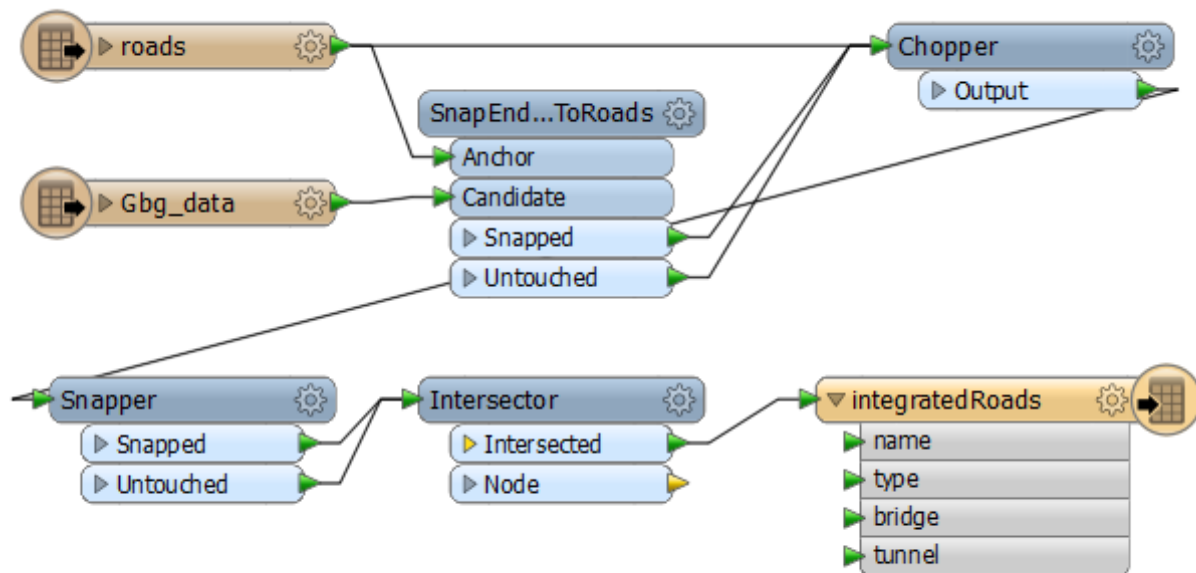
Om svängen går in till ett hållplatsskaft

Svängar -> 0

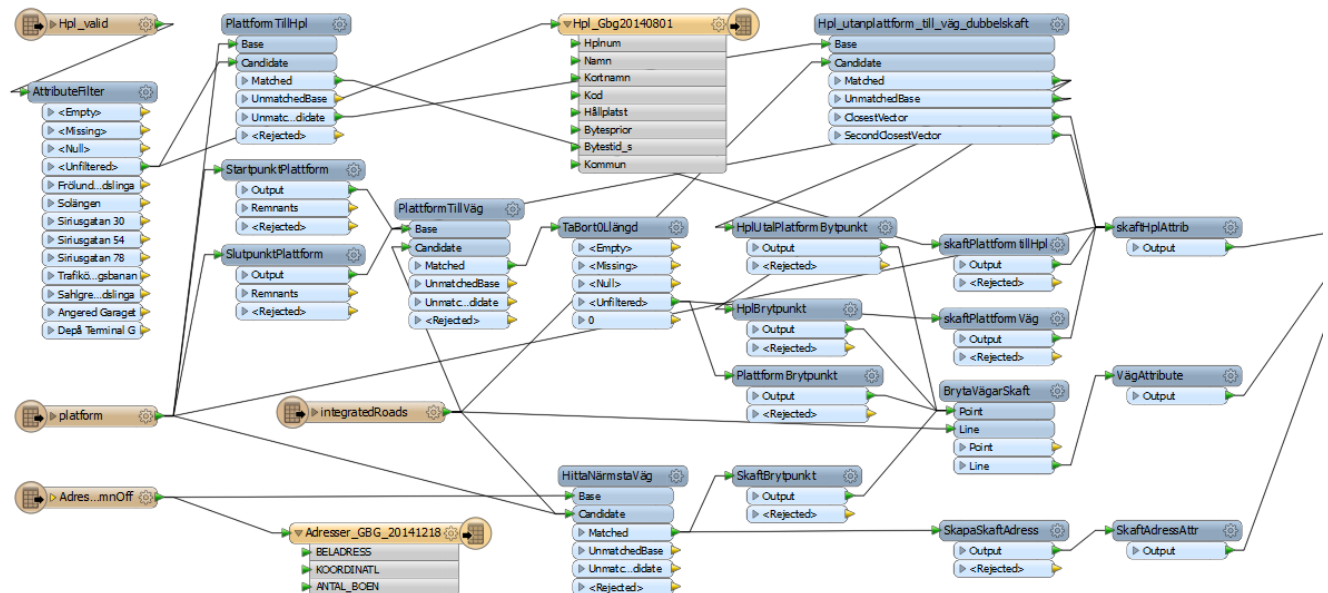
Bilaga B: Validering och transformering av hållplatser, adresspunkter och vägar i FME



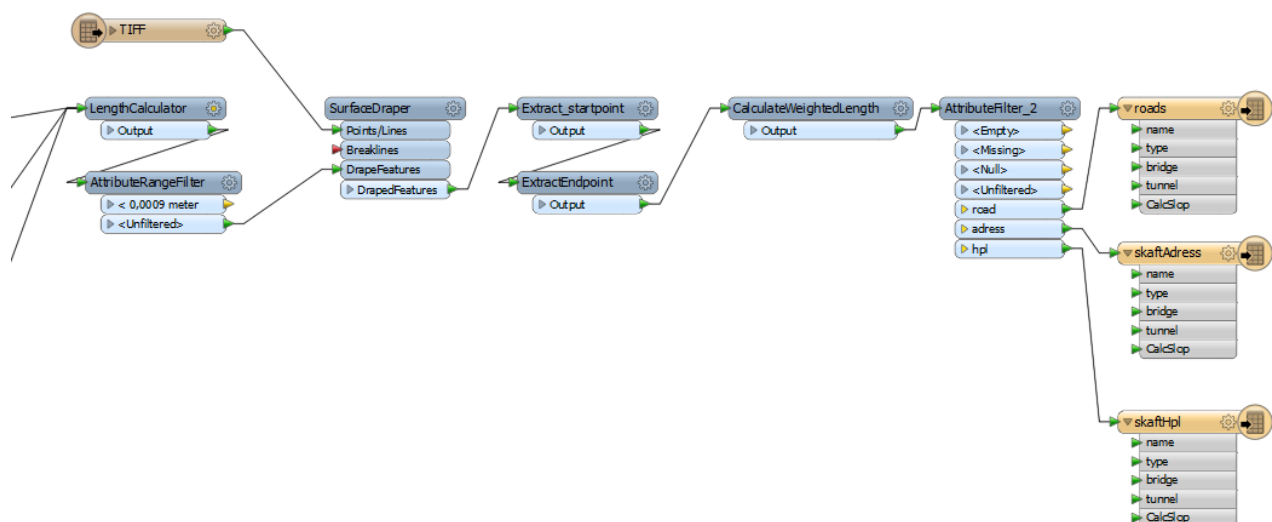
Bilaga C: Integrering av vägar i FME



Bilaga D: Skapande av skaft och höjdinformation i FME

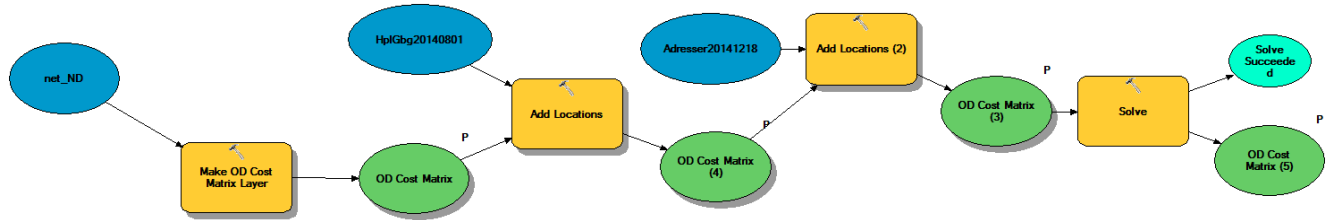


Första delen skapar skaften, bryter upp vägsegmenten vid skaften och även filtrerar bort hållplatser som inte ingår i analysen.



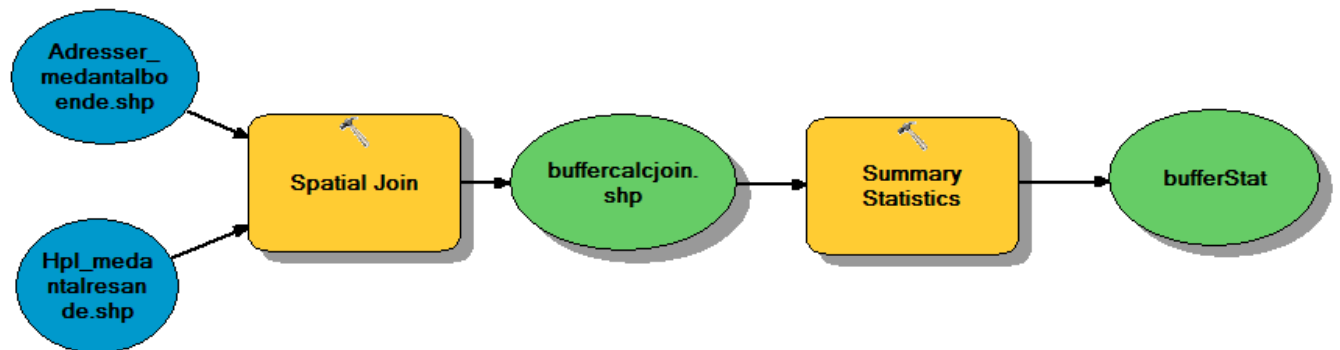
Andra delen av transformationen draperar vägnätet på en höjdmodell, räknar ut lutningarna på alla segment samt sorterar in dem för att göra ett multimodalt nätverk.

Bilaga E: Beräkning av OD-Cost Matrix i ArcMap



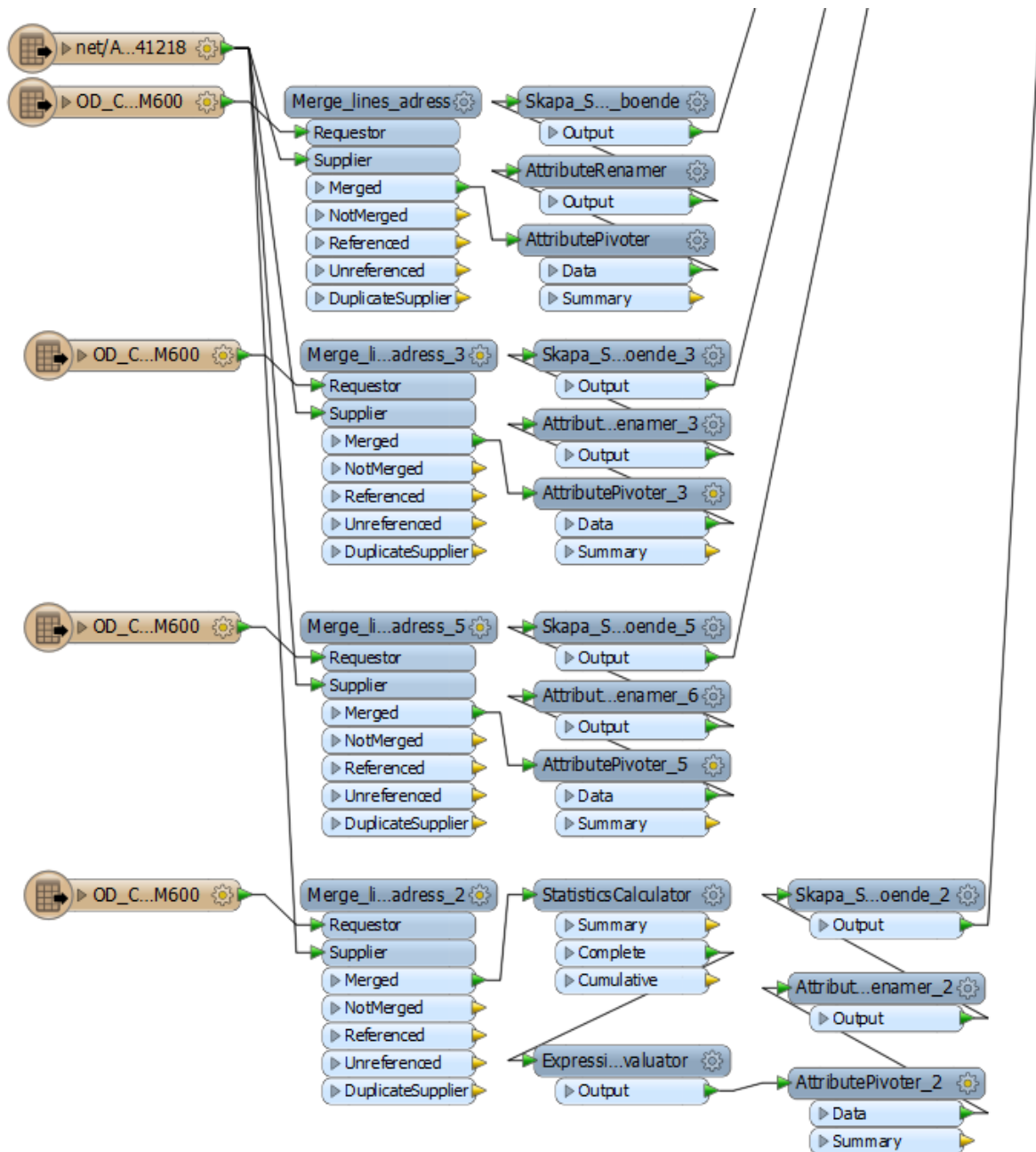
Adresspunkter och hållplatser adderas till OD Cost matrix modellen, och därefter beräknas den.

Bilaga F: Beräkning av buffertzoner i ArcMap



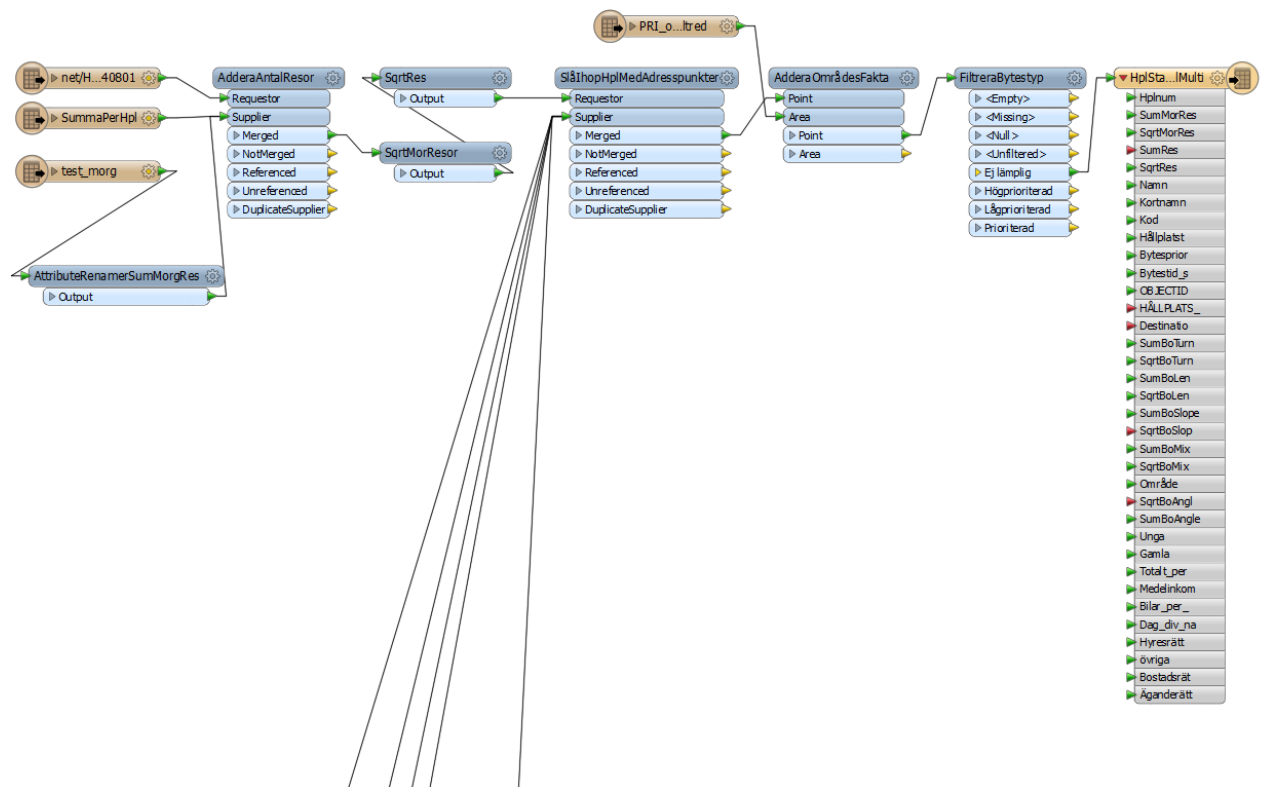
Alla adresspunkter inom en radie från varje hållplats kategoriseras till sin hållplats med en Spatial Join och summeras därefter.

Bilaga G: Summering av adresspunkter och addering av områdesfakta i FME



Ihopkoppling av resultatet från OD Cost Matrix med adresspunkterna samt statistikberäkningar per hållplatsområde.

Modellen med antal svängar delar upp adresspunkterna på flera hållplatser, ifall antal svängar till hållplatserna är lika många. Därför är processen nederst mer omfattande än de andra.



Ihopkoppling av antal resande ifrån databas med hållplatserna.
Beräkning av kvadratrötter för resandestatistik, addering av
områdesfakta och filtrering av hållplatstyp.

Bilaga H: SQL frågor till databaserna

Urval av alla resor per hållplats

```
SELECT DISTINCTROW [140801-141031].[HÅLLPLATS ID],  
Sum([140801-141031].RESOR) AS [Sum Of RESOR]  
FROM [140801-141031]  
GROUP BY [140801-141031].[HÅLLPLATS ID];
```

Urval av resor på morgon och förmiddag

```
SELECT DISTINCTROW [140801-141031].[HÅLLPLATS ID],  
Sum([140801-141031].RESOR) AS [Sum Of RESOR]  
FROM [140801-141031]  
WHERE DatePart("h",[140801-141031].[DATUM TID]) Between 5  
And 10  
GROUP BY [140801-141031].[HÅLLPLATS ID];
```

Wayfinding in the city

Why did you choose this specific way this morning?

Which paths do we choose and where do we turn among all streets and spaces, when walking through the built environment?

This thesis is investigating different theories how spatial configuration and road networks are influencing our choices, by comparing models for route selection in walks to public transport nodes.

The aim of this master thesis is to answer the question which factors are most important for our wayfinding.