

- Een algemeen gevonden effect in de literatuur is dat een verhoging van de transportkosten leidt tot centralisatie van bewoners en arbeidsplaatsen. Bij een verhoging van de benzineprijs veranderen naast de transportkosten ook de reistijden ten gevolge van veranderingen in het transportgedrag zoals het reizen over minder lange afstanden of het veranderen van vervoerwijze. Het verwachte effect van een prijsverhoging is urbanisatie en van een snellere reistijd is suburbanisatie. Als som van beide effecten wordt urbanisatie verwacht volgens de literatuur. De som van beide effecten op de woningmarkt in TIGRIS XL voldoet niet aan de verwachtingen en er treedt suburbanisatie op ten gevolge van een benzineprijsverhoging. De arbeidsmarktmodule geeft wel het verwachte effect al treedt er hier een verstoring op door de effecten op de woningmarkt.

#### Regionale bereikbaarheid (Almere)

- De literatuurscan geeft aan dat een betere bereikbaarheid van een locatie leidt tot een groei van het aantal inwoners en arbeidsplaatsen door een verbetering van de relatieve aantrekkelijkheid van de locatie. De omvang van het bereikbaarheidseffect op de bevolking en het aantal arbeidsplaatsen is naar verwachting gering en is niet meer dan een paar procent. Uit empirische analyses blijkt dat andere variabelen een grotere invloed hebben op de locatiekeuze dan bereikbaarheid. In de proeftoepassing is de bereikbaarheid tussen Almere en de omgeving, waaronder Amsterdam en Utrecht, verbeterd. Het verwachte effect op basis van de literatuur is dat dit leidt tot een beperkte toename van het aantal inwoners en arbeidsplaatsen in Almere.
- Het verwachte effect, van een toename van het inwonertal, treedt niet op en het inwonertal wijzigt niet ten gevolge van transportmaatregelen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de veranderingen in bereikbaarheid ten gevolge van de maatregelen gering zijn, een paar procent reistijdwinst. Daarnaast is niet duidelijk in hoeverre de effecten case-specifiek zijn, eerdere testen gaven wel geringe veranderingen in de bevolkingsomvang.

Het verwachte effect, van een toename van het aantal arbeidsplaatsen, treedt op en het aantal arbeidsplaatsen stijgt met bijna 3 duizend werkplekken. De omvang van het effect, een paar procent, is ook in lijn met de bevindingen in de literatuur.

Dit hoofdstuk behandelt op beknopte wijze vragen als: waar zijn we nu met TIGRIS XL, wat gaat goed en wat niet en hoe kan het model verbeterd worden. Het huidige TIGRIS XL-systeem dat hier besproken wordt kan aangemerkt worden als prototype TIGRIS XL, waarbij het prototype grondgebruikmodel automatisch is geïntegreerd met het transportmodel LMS v7.0. Ten opzichte van het project prototype TIGRIS XL zijn binnen het project proeftoepassing TIGRISXL een aantal technische bugs verholpen in de software en verschillende additionele functies toegevoegd aan het systeem met name ter verbetering van het gebruik van het systeem in een toepassing. Het huidige systeem kan daarom aangemerkt worden als prototype TIGRIS XL versie 0.1. De gemaakte aanpassingen t.o.v. van het prototype staan vermeld in bijlage A.

Onderstaande tekst behandelt in paragraaf 10.1 eerst de algemene conclusies en vervolgens worden de conclusies en aanbevelingen per deelmodule verder uitgewerkt. In de daaropvolgende paragrafen.

## 10.1 Algemene conclusies

De algemene conclusies kunnen het beste geformuleerd worden door de drie vragen zoals geformuleerd in de doelstelling hier te herhalen en te beantwoorden:

- Hoe plausibel modelleert het model de invloed van ruimtelijk beleid op de ruimtelijke verdeling van bewoners en arbeidsplaatsen;

De resultaten voor de referentieberekeningen in hoofdstuk 4 en ruimtelijke varianten voor Almere in hoofdstuk 7 geven aan dat het model goed in staat is om alternatieve en verklaarbare ruimtelijke ontwikkelingen te genereren afhankelijk van het beleid ten aanzien van de ruimtelijke marktwerking, ruimtelijke contouren of bouwplannen en nationale beperking of stimulans van de woningbouw. Bij het doorrekenen van de verschillende ruimtelijke varianten komt de samenhang, tussen de verschillende modules duidelijk naar voren en blijkt de meerwaarde voor het genereren van ruimtelijke prognoses door het integraal en dynamisch modelleren van demografische, grondmarkt, transportmarkt, woningmarkt en arbeidsmarkt ontwikkelingen in een instrument.

- Hoe plausibel modelleert het model de locatievoorkeuren van huishoudens en de verschillende economische sectoren;

Om deze vraag te beantwoorden worden twee schaalniveaus onderscheiden het regionale schaalniveau met voorkeuren voor een specifieke regio en het lokale schaalniveau met voorkeuren voor een specifieke locatie binnen een regio. De reacties per economische sector zijn redelijk verklaarbaar op het regionale niveau en

voorgestelde verbeteringen op dit niveau bestaan uit een verdere detaillering van de economische sectoren en een aanscherping van een beperkt aantal verklarende variabelen. De gemodelleerde veranderingen in arbeidsplaatsen op het lokale niveau kunnen als een eerste indicatie beschouwd worden, maar een modellering van de vraagkant nodig om de betrouwbaarheid van de lokale prognoses te verbeteren ontbreekt hier nog.

De locatievoorkeuren op de woningmarkt worden grotendeels naar tevredenheid gemodelleerd. De ruimtelijke dynamiek, het tempo van ruimtelijke verschuivingen, is in lijn met historische ontwikkeling en verder komt de invloed van demografische veranderingen, de verklarende variabelen met zonale kenmerken en de ruimtelijk omvang van woningmarkten duidelijk naar voren door het ruimtelijk verspreide patroon van meer en minder aantrekkelijke locaties. Verbetering lijkt met name mogelijke op het regionale niveau waar het aantal verklarende variabelen in het huidige model gering is.

- Hoe plausibel modelleert het model de invloed van transportmaatregelen op de ruimtelijke ontwikkeling.

Om deze vraag te beantwoorden worden wederom twee schaalniveaus onderscheiden het interregionale schaalniveau, Zuiderzeelijn varianten, en het regionale schaalniveau, de Almere varianten. De veranderingen in de ruimtelijke ontwikkeling van interregionale infrastructuur maatregelen is goed verklaarbaar, het Noorden profiteert van de betere bereikbaarheid zowel door het aantrekken van bewoners als bedrijvigheid, en de omvang van de effecten, enkele procenten verandering in bevolkingsaantal en arbeidsplaatsen, zijn in lijn met bevindingen in de literatuur.

Transportmaatregelen ter verhoging van de capaciteit, en daarmee beperking van de congestie, leiden zoals verwacht tot een suburbanisatie. Huishoudens hierdoor, zoals veelal gewent, landelijker gaan wonen en gebruik blijven maken van de stad voor werk en voorzieningen. In het huidige prototype model bestaat een probleem in de woningmarktmodule bij het doorrekenen van prijsmaatregelen, hier overheersen de reistijdwinsten boven de kostenverandering. De paragraaf over de woningmarktmodule bevat een aanbeveling ter oplossing van dit probleem.

De invloed van regionale transportmaatregelen op de ruimtelijke ontwikkeling is naar verwachting positief op het aantal arbeidsplaatsen, het gaat hier met name om een toename van het aantal arbeidsplaatsen in bereikbaarheidsgevoelige sectoren zoals de zakelijke dienstverlening. De toename van de arbeidsplaatsen is wederom in de orde van grootte van enkele procenten (rond de 2500 arbeidsplaatsen voor Almere). De effecten op de bevolkingsverdeling zijn in de Almere variant onzichtbaar. Oorzaken hiervoor zijn waarschijnlijk, naast de specifieke omstandigheden zoals de aantrekkelijkheid van Almere, een zeer of te geringe invloed van de relatieve bereikbaarheid (bereikbaarheid zone X t.o.v. de andere zones) op het locatiekeuzegedrag. In de specifieke woningmarkt paragraaf wordt hier verder op ingegaan

## 10.2 Demografie

De demografische module functioneert naar tevredenheid. Een belangrijk punt is het detailniveau waardoor er lokale differentiatie bestaat in de demografische trends op basis van de bevolkingskenmerken in een zone. Door de koppeling met de woningmarktmodule worden de vraag/aanbod-verhoudingen naast de migratiestromen beïnvloed door demografische ontwikkelingen. Zo krijgen regio's met een sterk vergrijzende bevolking een lagere groei in de woningvraag te zien.

Een ander plus punt is dat scenario-ontwikkelingen zowel heel gedetailleerd, met geboorte- en sterftetekansen naar leeftijdsjaar en geslacht per toekomstjaar, als grof ingevoerd kunnen worden door de bevolkingsontwikkeling eenvoudig conform de scenariototalen te schalen.

Zoals beschreven bevat de demografische module veel detail in bevolkingsegmenten en detail in de temporele verandering van de geboorte- en sterftetekansen door deze aan te passen per toekomstjaar op basis van CBS-gegevens. Een minpunt van de demografische module is het gebrek aan regionaal detail door het ontbreken van de regionale verschillen in geboorte- en sterftetekansen. Een ander minpunt is de ruimtelijke verdeling van de internationale immigratie en emigratie op basis van een vast patroon, de zones in het model hebben een vast landelijk aandeel van de migratiestromen op basis van de waargenomen internationale immigratie en emigratie in de periode 1997-2000.

De voorgestelde verbeteringen voor de demografische module zijn dan ook gering en bestaan met name uit een betere representatie van de demografische ontwikkelingen op een regionaal niveau. Er wordt voorgesteld om te werken met regio, provincie of COROP, specifieke geboorte- en sterftetekansen. Naast de temporele dimensie wordt dan ook de regionale dimensie van de verschillen in geboorte- en sterftetekansen meegenomen. In een latere ontwikkeling bestaat dan ook de mogelijkheid om dit te koppelen aan regionale woningmarktfactoren. Het is een bekend demografisch verschijnsel dat gebrek aan woonruimte en krapte op de woningmarkt de geboortetekansen beperkt.

De verdeling van de internationale migratie kan verbeterd worden door meer gedetailleerde informatie te verzamelen, bijvoorbeeld over AZC's. Daarnaast kunnen ook endogene factoren in het model opgenomen worden, bijvoorbeeld door te testen wat de invloed is van het aantal vacante woningen op de spreiding. Een lange termijnverbetering is het segmenteren van de bevolking op basis van etniciteit, in een aantal buitenlandse modellen is dit een belangrijk kenmerk gebleken. Deze verbetering draagt bij aan betere demografische projecties door afwijkingen in geboorte- en sterftetekansen tussen de verschillende etnische bevolkingsgroepen, een andere woonlocatievoorkeur en het is een belangrijke variabele in de ruimtelijke spreiding van internationale migranten.

### 10.2.1 Samenvatting voorgestelde verbeteringen korte termijn

Verbeterpunten voor de korte termijn zijn:

- Geografisch detail in de geboorte- en sterftetekansen;
- Verbeterde methodiek/data voor onderverdeling internationale migratie.

### 10.2.2 Samenvatting voorgestelde verbeteringen lange termijn

Een mogelijke verbetering op de wat langere termijn is het meenemen van etniciteit als bevolkingkenmerk.

## 10.3 Arbeidsmarkt

De referentie- en variantramingen in deze proeftoepassing hebben betrekking op de effecten van verschillende vormen van marktwerking op de woningmarkt (referentieberekeningen), op de effecten van verschillende woningbouwprogramma's (ruimtelijke varianten Almere) en op de effecten van infrastructuuraanpassingen. Ten eerste van een spoorverbinding met verwachte effecten op nationaal niveau (de Zuiderzeelijn) en ten tweede van wegverbindingen met verwachte effecten op regionaal niveau (transport varianten Almere). In de referentie- en variantberekeningen zijn geen maatregelen verwerkt die het vestigingsplaatsgedrag van bedrijven en instellingen direct beïnvloeden, zoals het inbrengen van pakketten van plannen voor bedrijventerreinen en/of kantoren of het voeren van restrictief beleid bij vestiging van bedrijvigheid. Gemeten wordt in deze proeftoepassing dus de reactie van de arbeidsmarkt op gegeven ontwikkelingen op de woningmarkt (en daarvan afgeleide demografische ontwikkelingen) en de reactie op infrastructuuraanpassingen. De arbeidsmarktmodule is zodanig samengesteld dat die reacties ook kunnen worden bepaald. De arbeidsmarkt is opgebouwd uit vergelijkingen voor de beroepsbevolking (mannen en vrouwen) en vergelijkingen voor zeven brede economische sectoren (waarvan er zes empirisch zijn geschat op basis van de invloed van locatiefactoren). Een kort resumé van de reacties:

- De ontwikkeling van de beroepsbevolking hangt onder andere recht evenredig samen met de ontwikkeling van de bevolking (met een onderverdeling naar leeftijd en geslacht).
- De ontwikkeling van het aantal inwoners is in sterke mate direct bepalend voor de werkgelegenheidsontwikkeling in de sectoren logistiek, detailhandel en overheid. Indirect is de bevolkingsontwikkeling via een aantal locatiefactoren (groei logsum beroepsbevolking, relatieve vertegenwoordiging in de uitgangssituatie, agglomeratie-effecten, mate van verstedelijking) ook bepalend voor de werkgelegenheidsontwikkeling in de andere sectoren.
- Het effect van aanpassing van de infrastructuur wordt gemeten via diverse bereikbaarheidsmaten (groei logsum beroepsbevolking, nationale bereikbaarheid voor goederenvervoer, groei logsum zakelijk personenverkeer). Met uitzondering van detailhandel en overheid spelen die bereikbaarheidsmaten in alle economische sectoren een rol. De sterkste effecten resulteren voor zakelijke diensten. Dat is plausibel omdat juist dat type activiteiten relatief snel kan reageren op veranderende locatiefactoren (de hoeveelheid geïnvesteerd kapitaal per arbeidsplaats is er laag, de binding met het bevolkingsdraagvlak ook en de bereidheid tot het overbruggen van grote woon-werk afstanden bij het personeel hoog).

Het model is geschat op het niveau van COROP-gebieden. Op dat niveau speelt bereikbaarheid in puur bevolkingsvolgende activiteiten als detailhandel en overheid waarschijnlijk inderdaad geen belangrijke rol (maar mogelijk wel op lagere ruimtelijke schaalniveaus). In het algemeen zijn de reacties per economische sector redelijk verklaarbaar. Bij het opstellen van de eerste versie van TIGRS XL is veel tijd gaan

zitten in het verzamelen van gegevens en het vinden van theoretisch plausibele en bovendien te allen tijde empirisch onderbouwde verbanden tussen de werkgelegenheidsontwikkeling en ontwikkelingen in andere modules zoals woningmarkt/demografie, transport en grondmarkt. Dergelijke koppelingen zijn inderdaad gerealiseerd. Verder onderzoek naar mogelijke verbeteringen van het model op COROP-niveau zijn echter denkbaar. Daarbij kan bijvoorbeeld aan het volgende worden gedacht:

- In de vergelijking voor de logistiek speelt de bevolkingsontwikkeling een prominente rol. Een aanzienlijk deel van de bedrijvigheid in die sector is echter niet bevolkingsvolgend (bijvoorbeeld groothandels-, transport- en distributiebedrijven met een nationale of zelfs internationale markt).. Nagegaan zou kunnen worden in hoeverre de bevolkingsontwikkeling hier niet één of meer andere locatiefactoren representeert. Daarvoor zou herschatting van de vergelijking nodig zijn.
- De sector ‘overige diensten en bouwnijverheid’ brengt nu sectoren samen die in feite verschillend ruimtelijk vestigingsgedrag vertonen. Opvallend is dat de bevolkingsontwikkeling geen (significante) rol speelt als locatiefactor, terwijl dat voor de dienstensectoren (onder andere horeca) binnen deze brede sector wel verwacht mocht worden. Dat zou kunnen worden opgelost door binnen deze brede economische sector afzonderlijke vergelijkingen voor deelsectoren te schatten. Dat is iets wat overigens ook in het algemeen zou kunnen gebeuren. Voorbeelden zijn het splitsen van groothandel en transport binnen ‘logistiek’, het splitsen van het bank- en verzekeringswezen en de overige zakelijke diensten binnen ‘zakelijke diensten’ en het onderscheid maken binnen de brede sector overheid (bestaande uit openbaar bestuur, onderwijs en de zorgsector).
- In het algemeen zouden de vergelijkingen voor de werkgelegenheidsontwikkeling nog eens tegen het licht gehouden kunnen worden. Mogelijk kunnen nog andere verklarende variabelen worden ingebracht en/of van actuelere gegevens gebruik gemaakt. Maar ook een andere te verklaren variabele is denkbaar. Daarvoor komt de ontwikkeling van de werkgelegenheid per inwoner tussen 15 en 65 jaar in aanmerking. Daarbij wordt dus in feite de elasticiteit tussen werkgelegenheidsontwikkeling en bevolkingsontwikkeling (15-65 jaar) op 1 geprikt en wordt vervolgens geschat in hoeverre andere locatiefactoren tot een significante positieve of negatieve afwijking tussen werkgelegenheidsontwikkeling en bevolkingsontwikkeling leiden.

Bij het schatten van de vergelijking voor de beroepsbevolking doet zich het probleem voor dat het onderliggend materiaal voor de te verklaren variabele veel gebreken kent. De onderliggende bron (de Enquête BeroepsBevolking) betreft een steekproef en kent diverse trendbreuken. Dat leidt tot soms onverklaarbare regionale tijdreeksen. Meer geavanceerde methoden om de beroepsbevolking te schatten lijken daarom niet erg zinnig omdat niet duidelijk is of men dan locatiegedrag of trendbreuken en meetfouten aan het schatten is. De huidige methodiek is robuust en kent via het (vrij kleine) verband tussen beroepsbevolking en werkgelegenheidsontwikkeling toch nog enige terugkoppeling tussen vraag en aanbod.

De grootste uitdaging voor de arbeidsmarktmodule bestaat uit het bepalen van ontwikkelingen op een lager ruimtelijk schaalniveau dan COROP-gebieden. Daarbij

zijn twee benaderingen mogelijk. Ten eerste het verbeteren van de input om COROP-gegevens verder uit te splitsen en ten tweede het schatten van vergelijkingen voor de arbeidsmarkt op een lager ruimtelijk schaalniveau.

Wat het eerste punt betreft. In deze proeftoepassing zijn ontwikkelingen in het aantal inwoners gebruikt om de werkgelegenheid binnen COROP-gebieden te verdelen naar LMS-subzones. Dat is gebeurd voor de bevolkingsvolgende diensten. Die gegevens komen uit de demografische module van TIGRIS XL en zijn dus endogeen bepaald. Voor sectoren als industrie, logistiek en zakelijke diensten zijn echter exogeen gegevens uit de Nieuwe Kaart ingebracht om binnen de COROP-gebieden te verdelen naar LMS-subzones. Met name wat betreft de plannen voor kantoren bestaan veel twijfels over het realiteitsgehalte van de gegevens uit de Nieuwe Kaart. Omdat dat vermoeden bij het begin van het project ook al bestond is voor de Almere-varianten (bij uitstek de varianten waarbij uitsplitsingen op subregionaal niveau van belang zijn) getracht een goed overzicht te krijgen van alle restcapaciteit (uitgeefbare bedrijventerreinen en aanbod van kantoorruimte) en plannen voor bedrijventerrein en kantoren in de provincies Flevoland, Noord-Holland en Utrecht. Met name een goed overzicht voor Flevoland en Noord-Holland werd van belang geacht. Zowel voor Noord-Holland als voor Flevoland bleek echter op het moment in het project dat die input vereist was geen goed en breed aanvaard overzicht van de plannen voor bedrijventerreinen en kantoren te bestaan. De provincie Noord-Holland had zelfs geen actueel overzicht van de uitgeefbare terreinen omdat de medewerking aan het landelijke IBIS-systeem, waarin jaarlijks de bedrijventerreinen in Nederland worden geïnventariseerd, is opgezegd. Binnen de beschikbare tijd binnen dit project waren er geen mogelijkheden meer om de vereiste informatie te verzamelen (bijvoorbeeld door rechtstreeks de betrokken gemeenten te benaderen). Er is daarom uiteindelijk toch gebruik gemaakt van de informatie uit de Nieuwe Kaart.

Het is aan te bevelen om een goed overzicht te krijgen van de gebieden in Nederland waar wel goede informatie over bedrijventerreinen en kantoren bestaat en waar niet. Een aanvulling op de huidige proeftoepassing zou kunnen zijn om na te gaan bij de provincies Flevoland, Noord-Holland en Utrecht of inmiddels wel meer gegevens beschikbaar zijn en, als dat niet zo is, gegevens te verzamelen bij de belangrijkste betrokken gemeenten. Op die wijze zouden de Almere-varianten op meer gedegen wijze ruimtelijk uitgesplitst kunnen worden voor de arbeidsmarktmodule.

De tweede hierboven genoemde benadering, het ontwikkelen van een model dat de arbeidsmarktontwikkelingen bepaalt op een lager ruimtelijk schaalniveau, verdient overigens de voorkeur boven het verdelen binnen COROP-gebieden. Een dergelijk model zou kunnen worden opgesteld voor LMS-subzones. Het is echter de vraag of daarvoor voldoende gegevens beschikbaar zullen zijn. Vooral nog wordt dan ook uitgegaan van een model op gemeentelijk niveau. Dat zou dan eventueel voor die gemeenten waarin zich meerdere LMS-subzones bevinden weer verder kunnen worden uitgesplitst op basis van de bevolkingsontwikkeling en de plannen voor bedrijventerreinen en kantoren.

In het gemeentelijk arbeidsmarktmodel wordt dan per brede economische sector een vergelijking geschat waarin locatiefactoren die betrekking hebben op woningmarkt/demografie, transport/bereikbaarheid en de grondmarkt worden ingebracht. In andere delen van het TIGRIS-model zijn die op laag ruimtelijk schaalniveau beschikbaar. Andere gegevens moeten worden verzameld en in locatiefactoren omgezet. Voor de beroepsbevolking kan een zelfde type benadering als bij de COROP-gebieden worden toegepast.

### 10.3.1 Samenvatting voorgestelde verbeteringen korte termijn

Om te komen tot een verdere ontwikkeling van TIGRIS XL zou op korte termijn kunnen worden gedacht aan een herschatting van de vergelijkingen op COROP-niveau en/of het inbrengen van een goede set van plannen voor bedrijventerreinen en kantoorprojecten als aanvulling op de huidige proeftoepassing voor de arbeidsmarktmodule. Dat laatste is met name relevant voor de Almere-varianten omdat daarin ontwikkelingen op lokaal niveau in het geding zijn.

### 10.3.2 Samenvatting voorgestelde verbeteringen lange termijn

Een mogelijke ontwikkeling op wat langere termijn is het opstellen van een empirisch geschatte arbeidsmarktmodule op laag ruimtelijk schaalniveau (ideaal op LMS-subzone niveau, praktisch gesproken op gemeentelijk niveau).

## 10.4 Woningmarkt

De belangrijkste beleidstoepassingen van de woningmarktmodule zijn het doorrekenen van de invloed van ruimtelijk beleid en/of transportbeleid op de locatiekeuze van huishoudens.

De proeftoepassing heeft aangetoond dat het model in staat is om de invloed van verschillende ruimtelijke beleidskeuzen, zoals de marktwerking, woningbouwplannen en nationale bouwprojectie, op de ruimtelijke spreiding van bewoners te genereren. Een belangrijke kwaliteit is het expliciet modelleren van de vraagvoorkeuren van de bewoners. Een ander belangrijk punt is dat het model zich stabiel gedraagt en de gemodelleerde omvang van de regionale verschuivingen in bevolkingsaandeel in lijn is met historische ontwikkelingen.

Het oordeel over de resultaten van de vrije markt-modellering is dat de resultaten voor grote delen van het land plausibel lijken. Een kanttekening hierbij is dat in de vrije markt een naar verwachting te hoge groei plaatsvindt in de perifeer gelegen gebieden. Dit kan komen door het ontbreken van een variabele welke de nationale ligging uitdrukt, de in de woningmarktschattingen gebruikte bereikbaarheidsindicatoren geven alle verplaatsingen weer en de korte afstand verplaatsingen domineren hier. Indien de nationale ligging variabele niet significant is, door de dominante van verhuizingen in niet perifeer gelegen gebieden is het testen van dummy's voor regio's of groepen van regio's een optie. De geringe groei in Utrecht kan mogelijk door hetzelfde fenomeen verklaard worden, al moet hier niet uitgesloten worden dat de lagere groei in Utrecht verklaard kan worden door dezelfde redenen, druk op grond en congestie, die bestaan voor de lage groei in Zuid-Holland en Noord-Holland.

De effecten van interregionale transportmaatregelen op de ruimtelijke verdeling van huishoudens, zoals getest in de Zuiderzeevariant, zien er plausibel uit zowel op een regionaal als zonaal niveau. Het enige punt van zorg is dat er in de zonale analyse ook een beperkt aantal verschuivingen te zien waren op grote afstand van de ingreep. Dit duidt op enige mate van instabiliteit in de uitkomsten, veroorzaakt door het niet of onvoldoende convergeren van de iteraties op de woningmarkt. Nadere testen zullen dit verder moeten uitwijzen, de verstoringen hadden in ieder geval geen groot effect op de uitkomsten en vergelijking tussen de verschillende varianten.

De invloed van transport op de ruimtelijke verdeling van arbeidsplaatsen loopt vooral via de weerstandvariabele tussen oude en nieuwe locatie en de logsum-bereikbaarheidsmaten spelen in de woonlocatiekeuze een ondergeschikte rol. Doordat



de weerstandsvariabele bestaat uit gewogen reistijden over de dag worden de effecten van prijsbeleid niet op juiste wijze meegenomen. Effecten met een verkeerd teken kunnen ontstaan doordat prijsverhogingen leiden tot minder verkeer, minder congestie en daarmee snellere reistijden. Om een juiste response op prijsmaatregelen te krijgen is het dan ook nodig dat de weerstandsvariabele wordt berekend op basis van gegeneraliseerde kosten. Door de verandering van deze dominante variabele zal een nieuwe schatting voor de parameters van het woonlocatiekeuzemodel nodig zijn.

De effecten in de Almere-variant van regionale transportmaatregelen op de ruimtelijke verdeling van bewoners zijn gering tot verwaarloosbaar. Naast toepassing specifieke factoren, zoals het stedelijke woonmilieu in Almere, komt dit doordat de structurerende effecten vooral afhangen van veranderingen in reistijd tussen de zones en minder van de veranderingen in logsumwaarden. Hierdoor wordt maar een deel, via vergroting van de woningmarkten, van de bereikbaarheidseffecten meegenomen. Het bereikbaarheidseffect, van een relatief betere bereikbaarheid op de locatie zelf, is voor de meeste huishoudtypen niet significant. Dit is het gevolg van de geringe invloed van bereikbaarheid in de locatiekeuze van huishouden in combinatie met de geringe bereikbaarheidsverschillen in Nederland. Een eerder uitgevoerde visuele analyse van het ruimtelijke patroon van de verhuizingen in het WBO 2002, waarop geschat is, heeft uitgewezen dat er weinig correlatie te ontdekken valt tussen de zones waarheen huishoudens verhuizen en de bereikbaarheid van zones.

Een mogelijke optie om de bereikbaarheid beter mee te nemen is het combineren van de zoekruimte van de huishoudens, de bereikbaarheid van een nieuwe locatie vanuit de oude locatie, en de bereikbaarheid van werkplekken en ander voorzieningen op de nieuwe locatie. Deze theorie gaat ervan uit dat mensen eerst de mogelijke opties scannen op basis van nabijheid en bereikbaarheid van hun werkplek vanuit de locatie.

Het TIGRIS XL-model verschilt op twee plekken fundamenteel van andere operationele LUTI-modellen. Beide kenmerken zijn al geadresseerd in het prototypemodel, maar verdienen extra aandacht bij een verdere doorontwikkeling van het model. Het gaat hierbij om:

- Het modelleren van interregionale verhuisstromen en regionale/lokale verhuisbewegingen binnen één model. De redenen voor interregionale en regionale verhuizingen verschillen. Interregionale verhuizingen zijn vaker arbeidsmarktgedreven en regionale verhuizingen komen eerder voort uit de woonwens. Doordat Nederland een relatief klein land is met een niet duidelijk identificeerbare afbakening van de regionale arbeids- en woningmarkten is het modelleren van beide processen in een systeem noodzakelijk. De huidige geneste structuur, met een keuze naar COROP en zone, van de woningmarkt voldoet hiervoor goed. In het huidige prototype zijn het aantal verklarende variabelen op regionaal niveau echter gering, bestaande uit de afstand tussen regio's en het aantal vacante woningen. Uitbreiding van het aantal verklarende variabelen op regionaal niveau, en daarmee een verhoging van de verklaringskracht van interregionale verhuizingen, is dan ook een belangrijke verbetering. Als mogelijke aanvullende verklarende variabelen kan gedacht worden aan economische variabelen, het aantal studenten en de nationale ligging.
- Het omvangrijke ruimtelijke planningsinstrumentarium van de Nederlandse overheid, verdeelt over drie bestuurlijke lagen, noodzaakt tot het modelleren van de ruimtelijke ontwikkeling onder aanname van verschillende

marktinstellingen. In het prototypemodel is de basis gelegd om hier succesvol mee om te gaan. De basis kan versterkt worden door het beter meenemen van de invloed van verschillende bestuurslagen, verschillen in gedrag van huishoudens onder ander marktvoorwaarden en het gevoelig maken van factoren zoals woningdichtheid per hectare en huishoudens per woning voor marktomstandigheden.

#### 10.4.1 Samenvatting voorgestelde verbeteringen korte termijn

Voorstel is om voor de korte termijn de volgende punten aan te pakken:

- Verder versterking van het interregionale woningmarktmodel, toevoegen van verklarende variabelen op een regionaal niveau. Waaronder een variabele voor de nationale ligging of eventueel een dummy-variabele voor de perifeer gelegen gebieden;
- Transportkosten opnemen in de weerstandsvariabelen tussen oude en nieuwe locatie;
- Het testen van de effecten voor het integreren van bereikbaarheidsmaten en de zoekruimte;
- Testen invloed van aantal iteraties op de woningmarkt en indien nodig convergentiecriteria opstellen.

De eerste drie punten zijn een redelijk omvangrijke verbetering en maken nieuwe modelschattingen nodig, uiteraard kan hierbij gebruik gemaakt worden van de structuur en data uit de oude schattingen. Verder zal de omvang van de werkzaamheden afhangen of het gaat om vaststaande verbeteringen of dat er verschillende mogelijkheden getest moeten worden.

#### 10.4.2 Voorstel lange termijn verbeteringen

Het aanbrenge van onderscheidt naar woningtype, een alternatief bestaat dan uit de combinatie van een zone en woningtype. De woningen kunnen onderscheiden worden naar:

- Koop woningen/private huurwoningen/sociale huurwoningen, dit geeft de mogelijkheid om te werken met verschillende marktmechanismen voor de verschillende markten. De woningprijs krijgt hierdoor een prominentere rol in de private koop en huurmarkt. Daarnaast verschillen de verhuiskansen tussen huishoudens met een koop- en huurwoning;
- Laagbouw/hoogbouw, hierdoor kan een betere match gemaakt worden tussen huishoudtypen en woningkeuze. De keuze van gezinnen voor groen stedelijke en niet stedelijke laagbouw locaties kan hierdoor beter gemodelleerd worden. Naar verwachting leidt een betere karakterisering van de varianten ook tot betere effecten op de schattingsresultaten voor de bereikbaarheidsvariabele voor gezinnen ( deze coëfficiënt is nu negatief).

Om de vraagvoorkeuren in een vrije marktsituatie te kunnen modelleren is in principe een vrije marktsituatie nodig om de coëfficiënten behorende bij de marktsituatie te kunnen schatten. In het prototype zijn de coëfficiënten geschat op basis van de huidige, periode 2000 – 2002, situatie, welke als deels gereguleerd en vrij aangemerkt kan worden. Het gebruik van Stated Preference-data in aanvulling op de huidige Revealed Preference-data betekent een belangrijke verbetering van de vrije markt modellering.

Het uitvoeren van een historische validatie, waarbij de geschiktheid van het model om lange termijn ruimtelijke veranderingen te modelleren wordt getest, zal een belangrijke bijdrage leveren aan de verdere verbetering van het model. In een dergelijke validatie kan gekeken worden hoe tijdsafhankelijk de geschatte parameters zijn.

Bij beide lange termijn verbeteringen gaat het om omvangrijke verbeteringen, zowel op het gebied van benodigde data als de omvang van de onderzoekswerkzaamheden.

## 10.5 Grondmarkt

De grondmarkt in het prototype is eenvoudig. De module administreert de veranderingen in het woningaanbod en grondgebruik. Daarnaast varieert de module het aanbod op basis van de marktinstelling en zijn er verschillende algoritmen voor de vrije en gereguleerde markt. De module werkt naar verwachting en de verschillende marktinstellingen leveren het gewenste resultaat.

Ontbrekende elementen in de module zijn de rol van de projectontwikkelaar, grondeigenaar en relatie tussen vraag/aanbod en de invloed op de grondprijs en dichtheid van bebouwing. Het modelleren van de rol van de projectontwikkelaar en grondeigenaar is niet eenvoudig, met name door het speculatieve karakter, en het inbrengen van deze partijen is een behoorlijke ontwikkeling.

In het huidige prototype worden twee factoren, het aantal huishoudens per woning en het aantal woningen per hectare voor nieuwbouwlocaties, constant gehouden per zone. De huishoudens/woningfactor is zonespecifiek, mede om recht te doen aan bijvoorbeeld studentenhuisvesting of verzorgingstehuizen. De woningdichtheid van een woningbouwlocatie hangt af van het woonmilieutype. De factoren worden constant gehouden in de prognose berekeningen ongeacht de veranderingen in de vraag/aanbod verhoudingen. In de werkelijkheid worden deze factoren mede beïnvloed door de marktsituatie en het voorstel is om deze factoren aan te passen op basis van de vraag/aanbod verhoudingen op de regionale woningmarkt.

De grondmarkt module kan verder versterkt worden door een betere integratie met meer standaard GIS- bestanden voor grondgebruik. Dit kan door een wederzijdse koppeling/uitwisseling te maken tussen het zone niveau, met veelal de sociaal-economische data, en het cel niveau met grondgebruik data. Het verklarende model blijft hierbij opereren op het zone niveau maar profiteert van de verbeterde invoerdata. Een belangrijk voordeel is verder dat het modeluitvoer aansluit bij het analyseniveau van lokale milieu effecten zoals geluid en luchtvervuiling.

### 10.5.1 Samenvatting voorgestelde verbeteringen korte termijn

Voorgestelde verbeteringen voor de korte termijn zijn:

- Woningdichtheid voor een bouwlocatie gevoelig maken voor de druk op grond in de regio;
- Gemiddelde aantal huishoudens per woning in een zone gevoelig maken voor woningschaarste in de regio.

Verder zal er bij toepassingen voor een studie nauwkeurig gekeken moeten worden naar de invoerdata voor woningbouwplannen, bedrijfsterreinen en kantoorruimte (zie ook arbeidsmarkt) in het studiegebied en de wijde omgeving. De resultaten voor de

testberekeningen voor Almere laten duidelijk het wijde ruimtelijke invloedsgebied zien van grote woningbouwplannen of contourbeleid.

#### 10.5.2 Samenvatting voorgestelde verbeteringen lange termijn

Voorgestelde verbeteringen voor de lange termijn zijn:

- Verbeterde modellering van de aanbodkant, door het expliciet meenemen van de invloed van grondeigenaren en projectontwikkelaars. Dit houdt ook een deels endogene modellering in van de ontwikkelingen in de grondprijs;
- Integratie van gedetailleerde grondgebruik data in TIGRIS XL, zowel ter verbetering van de invoerdata als ter verbreding van de evaluatiemogelijkheden.

## BIJLAGEN

---

## Bijlage A: Aanpassingen aan software

---

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpassingen welke gemaakt zijn in de TIGRIS XL-software t.o.v. de versie prototype TIGRIS XL. Een aantal aanpassingen zijn gemaakt ter verbetering van de functionaliteit van het model en een aantal aanpassingen komen voort uit gevonden gebreken tijdens het toepassen van het prototype. Tijdens de studie proeftoepassing TIGRIS XL zal de versie met de hieronder beschreven aanpassingen gebruikt worden. Eventueel additionele onvolkomenheden zullen tijdens deze studie gerapporteerd worden en in een volgende ontwikkelslag meegenomen worden.

De gemaakte aanpassingen zijn als volgt:

- De verandering in dichtheden op de woningmarkt verliep fout door een basale programmeerfout binnen de land-use module. Deze fout is in de nieuwe versie verholpen en de dichtheden veranderen conform de verwachtingen.
- De onderverdeling van het aantal arbeidsplaatsen naar sector van COROP-niveau naar subzones is aangepast binnen de software. In de prototype versie werden alle arbeidsplaatsen op COROP-niveau onderverdeeld naar subzoneniveau op basis van de opgestelde rekenregels (onderverdeling naar bevolking, bedrijventerreinen of kantoorruimte afhankelijk van de sector). In de nieuwe versie wordt alleen de groei van het aantal arbeidsplaatsen onderverdeeld naar de subzones op basis van de rekenregels. Dit voorkomt grote verschillen tussen het basisjaar en het eerste rekenjaar en is conform de specificatie in het functioneel ontwerp.
- In het basisjaar zijn er voor een deel van de zones problemen met de verhouding tussen het aantal huishoudens (LMS SEGS 2000) en het aantal woningen (CBS-data). Voor een deel komt dit door inconsistenties tussen de twee databestanden, een zone met een extreem lage huishoudens/woning-verhouding ligt pal naast een zone met een hoge huishoudens/woning-verhouding. In deze situaties is het aantal woningen over de twee zones verdeeld conform de huishoudenverdeling, dit om consistentie met het LMS te behouden. Verder is in de software een begrenzing in gebouwd ter voorkoming dat extreme leegstand de ruimtelijke verdeling verstoort. Maximaal 7 procent van het woningaantal in een zone wordt als leegstand meegenomen in de woningmarktmodule (het gaat hier om pure leegstand en niet om woningaanbod door nieuwbouw of door verhuizende huishoudens).

- Bij algehele krapte op de woningmarkt nemen de balanceerfactoren, nodig om vraag en aanbod te matchen, extreme waarden aan. In de nieuwe versie is dit verholpen door de balanceerfactoren te corrigeren voor de algemene, landelijke, situatie op de woningmarkt.
- De afstandsvariabele voor de verschillende huishoudtypen in de woningmarktmodule is in de prototypeversie gegenereerd op basis van reistijden met de auto, op basis van een representatief motief zijn deze reistijden gewogen gesommeerd over de verschillende dagdelen. In de huidige versie worden de reistijden voor het OV ook meegenomen en het gewicht hangt van het aantal verplaatsingen af dat met het OV wordt gemaakt.
- Aanpassingen aan de instellingen voor marktwerking en nationale woningbouwprojectie. In tegenstelling tot de voorgaande versie van TIGRIS XL is het in de laatste versie mogelijk de nationale woningbouwprojectie en het model dat gebruikt wordt voor de allocatie van bouwgrond per jaar in te stellen. Dit wordt gedaan door in het scenariobestand 'landuse.par' per jaar het te gebruiken model op te geven in de 2e kolom. In de derde kolom kan de nationale woningbouwprojectie worden opgegeven. Indien hierbij een 0 wordt ingevoerd dan betekent dit dat er geen nationale projectie is en het aantal te bouwen woning in dat jaar hangt af van de plannen of marktvaart (afhankelijk van de modelinstelling). Het aantal modelinstellingen is ten opzichte van het prototype opgeschoond en teruggebracht tot vier. Hierbij wordt de volgende codering gebruikt:
  - **Model 1:** Geplande woningbouw, beperkt door de nationale woningbouwprojectie (mits beschikbaar).
  - **Model 2:** Geplande woningbouw, beperkt door de nationale woningbouwprojectie (mits beschikbaar). De plannen kunnen hier hoger of lager uitvallen op basis van de vraag. Het vraagoverschot wordt als weegfactor bij de aanpassing van deze plannen gebruikt.
  - **Model 3:** Vrije markt, beperkt door de nationale woningbouwprojectie (mits beschikbaar), de beschikbare landbouwgrond en de opgegeven contouren.
  - **Model 4:** Vrije markt, beperkt door de nationale woningbouwprojectie (mits beschikbaar), de beschikbare landbouwgrond.
- De bouwplannen worden in TIGRIS XL per jaar ingevoerd in de bestanden "gvdata\_<jaar>.txt", welke in de scenariodirectory van TIGRIS XL zijn terug te vinden. Om het eenvoudiger te maken deze bestanden aan te passen is een tool "gvdata.exe" ontwikkeld. Indien deze in de scenariodirectory wordt opgestart worden automatisch alle beschikbare planbestanden ingelezen. Deze plannen kunnen vervolgens met de tool worden aangepast. Omdat de tool de mogelijkheid heeft van/naar Excel te importeren/exporteren kan hierbij eventueel van dit spreadsheetprogramma gebruik worden gemaakt.

Zoals aangegeven in de paragraaf over de bevolkingontwikkeling op nationaal niveau, is er een eenvoudige voorziening getroffen in TIGRIS XL om demografische ontwikkeling te schalen naar andere scenariowaarden voor de totale bevolkingsomvang. Uiteraard kunnen deze aanpassingen ook op een veel gedetailleerder niveau gemaakt worden, maar vaak ontbreken de gegevens hiervoor. De bevolkingontwikkeling in TIGRIS XL wordt geschaald op basis van een op te geven factor per jaar in het index.prn bestand.



---

# Literature study structuring impacts of transport

BARRY ZONDAG  
(RAND EUROPE)  
MICHAEL WEGENER  
(SPIEKERMANN & WEGENER)  
PETER LOUTER  
(BUREAULOOUTER)

March 2005

# Contents

---

CHAPTER 1	Introduction .....	4
CHAPTER 2	Drivers and Theory of land-use change .....	6
2.1	Trends in urban land use .....	6
2.2	Key drivers of urban land use change .....	7
2.3	The urban land-use transport feedback cycle.....	12
CHAPTER 3	Empirical findings on structuring effects of transport on land-use 14	
3.1	Urban transport and land-use impact .....	14
3.2	Accessibility and firm location .....	15
3.3	Accessibility and residential location choice .....	16
CHAPTER 4	LUTI - models, impacts of transport measures on land-use.....	18
CHAPTER 5	<b>Drivers and theory of regional development</b> .....	23
5.1	Trends in regional development.....	23
5.2	Drivers of regional development.....	23
5.3	Feedback between regional development and transport .....	26
CHAPTER 6	<b>Empirical findings on transport impacts on regional development</b> 27	
6.1	Regional effects of transport .....	27
6.2	Accessibility and firm location .....	28
CHAPTER 7	<b>Results of regional development models</b> .....	30
CHAPTER 8	Overview table .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
References	.....	35

This report addresses the literature study on structuring impacts of transportation as part of the TIGRIS XL project “proeftoeepassing”. The literature study has been restricted to two different kind of publication, as follows:

- Publications reporting empirical research on the structuring impacts of transportation;
- Publications reporting on structuring impacts resulting from LUTI-model applications.

The literature study strives to give a comprehensive overview, as far as possible within the time restrictions, of the available sources on these two issues in the literature. The study does not provide a detailed discussion about each of the references. The authors have not checked on the validity of the empirical work or LUTI – models included in this review and therefore the findings of individual sources need to be treated carefully. However the authors believe that findings of all sources together present a good picture of what is known about the structuring impact of transportation. Checking each of the references in depth would be an exercise outside the scope of this review and it would most likely include a round of discussion with the responsible researchers to get all details needed to make considered judgment.

The role of the literature review in the whole project is twofold and can be addressed as follows:

- The literature study will be used as background material by designing the sensitivity analysis and selecting test runs;
- The findings on the structuring impact in the literature review will be used to position the finding of TIGRIS XL.

The report can be subdivided in two parts each addressing a different geographical scale level. Chapter two, three and four address the urban/regional scale level and chapter five, six and seven addresses the interregional scale level. The two scale levels are addressed separately because the trends, drivers and casual chains are different.

Chapter two has been included in the report to give some background on trends in urban land-use and existing theories to address urban/regional development. Insight in the existing theories conceptualising the urban/regional developments is needed to understand the underlying assumptions of the empirical and forecasting work in this field. Chapter three presents the main findings from empirical studies on structuring impacts of transportation and chapter four presents the main finding as calculated by LUTI-models.

The part of the report on the interregional level follows a similar structure and chapter five describes the theory of regional development. Chapter six presents the empirical findings and chapter seven presents some results of regional development models.

Finally chapter eight summarizes the main findings in an overview table and describes the key lessons

### 2.1 Trends in urban land use

The overwhelming trend in urban land use is dispersion. The medieval city was compact and dense because walking was the only mode of transport available to everyone – and for fortification reasons. Working and living occurred on the same site or even in the same building. Still in the early days of industrialisation workers had to live near the factory because long work hours made long commuting infeasible. Only the railway and later the automobile made the combination of living in the suburbs and working in the city feasible.

With growing affluence, suburban lifestyles became more popular and larger houses became affordable not only to the rich, and together with the trend to smaller households this has led to a continuous growth in residential space consumption per capita. This trend has continued until today in all industrialised countries.

But also the space demands of all other types of land use have continuously grown. Mechanisation and automation in manufacturing has vastly increased the average floor space per worker if not per unit of output. Retail floor space per worker has dramatically grown through the introduction of self-service shopping. Office space per office worker has increased through the extra space needed for computers and other office equipment. In addition, all types of land use need more space for parking, access roads and facilities for serving and fuelling vehicles.

All this has led to a growing demand for land and, as that demand could no longer be satisfied in the city centre, resulted in the decentralisation of cities over wider and wider areas at the expense of the open countryside. And there is no end in sight. A look at the most affluent countries (USA, Sweden Switzerland) shows that the demand for housing space has not reached its saturation. All trends in manufacturing, retail and services leading to greater space demands are still strong and may even be reinforced by new trends in teleshopping and telework which have only just started their course. Even the trend towards stagnating or declining populations is not likely to counterbalance the ongoing increase in space demand per capita. The increase of office space by worker is more uncertain and subject of ongoing debate.

## 2.2 Key drivers of urban land use change

It is generally believed that the private automobile has been the primary cause of the expansion of cities. However suburbanisation was not caused by the car but has been the consequence of the same changes in the socio-economic context of urban life that were also responsible for the growth in car ownership: increase in income, more working women, smaller households, shorter work hours and a consequential change in lifestyles and housing preferences towards quality of life, leisure and recreation. Under these conditions, first the railway and then the car and low fuel prices brought low-density suburban living within the reach of not only the rich, with the result that for the last thirty years the growth of cities has occurred primarily in the suburbs. Offices, light industry, services and retail started to decentralise later following either their employees or their markets or both taking advantage of attractive suburban locations with good accessibility, ample parking and lower land prices.

The theories that try to conceptualise these processes in order to make them operational and suitable for empirical analysis and forecasting can be classified into technical theories, economic theories and social theories:

### 2.2.1 Technical theories: cities as mobility systems

Technical theories to explain location decisions of households and firms in urban areas start from observed regularities of certain parameters of human mobility, such as trip distance and travel time, and from these try to infer those trip origins and destinations that best reproduce the observed frequency distributions. The gravity model was the first *spatial interaction* model. Its straightforward physical analogy has later been replaced by better founded formulations derived from statistical mechanics (Wilson, 1967) or information theory (Snickars and Weibull, 1976), yet even after these substitutions the spatial interaction did not provide any *explanation* for the spatial behaviour modelled. Only later did it become possible (Anas, 1983) to link it via random utility theory to psychological models of human decision behaviour.

From the spatial interaction model it is only a small step to its application as a location model. If it is possible to make inferences from the distribution of human activities to the spatial interactions between them, it must also be possible to identify the location of activities giving rise to a certain trip pattern. Wilson (1970) distinguishes four types of urban *spatial interaction location models* (see Table 1):

Table 1. Wilson's four spatial interaction location models (Wilson 1970)

Type	Constraints	Residence	Work-place
1	Unconstrained	predicted	predicted

2	production-constrained	known	predicted
3	attraction-constrained	predicted	known
4	doubly constrained	known	known

Model type 1 deals with households having neither residence nor work-place, model type 2 with households looking for a job and model type 3 with households looking for a residence. Model type 4 is actually not a location model but the familiar transport model. The column 'constraints' refers to the marginal totals of the interaction matrix, which act as constraints to its elements if they are known. Lowry's (1964) *Model of Metropolis* essentially consists of two singly-constrained spatial-interaction location models, a residential location model and a service and retail employment location model, nested into each other. The Lowry model stimulated a large number of increasingly complex modelling approaches.

Despite its shortcomings, the spatial interaction paradigm has led to a better understanding of important dimensions of individual mobility and location behaviour and their interrelationships. It has made it clear that daily mobility depends on prior more long-term location decisions, and that these are in turn co-determined by the daily need for travel.

### 2.2.2 Economic theories: cities as markets

A second set of theories focuses on the *economic* foundations of city growth. Following this paradigm, it is the market function that distinguishes the city from the countryside (Weber, 1921). Thus the city is a product of specialisation and the division of labour. Historically city growth in Europe has been closely linked to economic structural change as, during the first industrial revolution, rural-to-urban migration went hand-in-hand with the reduction in agricultural and the growth in industrial employment.

Jacobs (1969) explains city growth as a three-step process of (1) developing exports and producers' goods and services, (2) converting producers' goods and services into exports and (3) replacing imports by goods and services produced locally, which may lead to more exports, and so on. If this self-reinforcing process fails, i.e. the city is unable to develop new exports, it starts to stagnate or decline.

In regional economics this is called the *economic base* theory, which implies that the regional income, and hence the number of people a region can support, depends on its exports. In its dynamic form, the economic base theory comes in two versions, one equalising and one polarising. The theory of *spatial economic equilibrium* assumes perfect competition and perfect factor mobility and hence predicts equal factor prices, productivity and commodity prices in all regions (Ohlin, 1933). The theories of *growth poles* (Perroux, 1955) or *circular cumulative causation* (Myrdal, 1957), however, predict polarisation between central and peripheral regions because of economies of scale and enhanced possibilities of innovation in the larger industries at the centre. The filtering down theory of W.R. Thompson (1968) is also founded in economic base theory. The theory is dynamic and new economic sectors are concentrated in central regions but older and more mature economic sectors have a tendency to decentralize.

If transport costs are explicitly taken into account, a hierarchical pattern of market areas around *central places* emerges (Christaller, 1933; Lösch, 1940). Central places of higher levels have all the functions of lower levels, which explains the existence of small and large cities. The theory of Lösch is more flexible than Christaller and location at lower levels can fulfil functions not fulfilled by higher levels. Manufacturing industries tend to locate close to the locations of raw materials and other inputs or close to their markets depending on the cost of shipping goods of different weight (Weber, 1909); if they also take account of economies of scale or labour cost, agglomeration or dispersal may occur (Isard, 1956).

Following Krugman (1991), a great part of spatial development can be explained by the interplay of two major driving forces, economies of scale and transport cost. Pred (1966,1967) has contributed largely to the theoretical fundament of this theory. All types of land uses experience increasing returns to scale: on the level of the firm *internal* economies of scale through labour savings through mass production, on the level of cities and regions *external* economies of scale or agglomeration economies through synergies between firms and access to large diversified labour and customer markets. The consequence is a trend to ever larger units of production and distribution. Transport, however, has since the introduction of the railways been characterised by acceleration and decreasing costs. Dematerialisation of production and the transition to a service-based economy have contributed to reducing the importance of physical transport.

A fundamental assumption of all spatial economic theories is that locations with good accessibility are more attractive and have a higher market value than peripheral locations. This fundamental assumption goes back to von Thünen (1826) and has since been varied and refined in many ways. In macroanalytic approaches spatial development is the result of spatial production functions incorporating among labour and capital such spatial factors as agglomeration advantages, transport costs and land prices, and it is still disputed under which conditions spatial equilibrium or spatial polarisation will occur.

Probably the most influential example of the latter kind is the model of the urban land market by Alonso (1964). The basic assumption of the Alonso model is that firms and households choose that location at which their bid rent, i.e. the land price they are willing to pay, equals the asking rent of the landlord, so that the land market is in equilibrium. The bid rent of firms results from the cost structure of their production function, i.e. sales price minus production and transport costs plus profit divided by size of land. A firm with higher added value per unit of land is therefore able to pay a higher price than a firm with less intensive land utilisation, everything else being equal. So it is not surprising that, say, jewellers are found in the centre, whereas trucking companies have their yards on the periphery.

Today this simple model of the spatial structure of cities is becoming more complex under the influence of fundamental changes in the economic environment: The most advanced industrial sectors are undergoing what is described as the transition from 'Fordism' to 'post-Fordism': Fordism indicates the era of mass production dominated by



economies of scale. In the post-Fordist economy a new flexibility of the production process is achieved in response to increasingly selective tastes in more and more saturated markets: economies of scale are complemented or replaced by 'economies of scope' made possible by vertical integration of all steps of the production process from supply to delivery by computer control and telecommunications in 'logistic chains'. Earlier steps in the assembly chain are contracted out to outside suppliers, who have to synchronise their operations with the production schedule by 'just-in-time' delivery, thus making large inventories redundant.

This theoretical framework helps to explain the spatial polarisation observed within urban regions. Flexible production and distribution systems require extensive, low-density sites with good access to the regional and local road network, and this explains why new manufacturing firms prefer suburban locations. Retail facilities tend to follow their customers to the suburbs and similarly prefer large suburban sites with good road access. High-level services, however, continue to rely on face-to-face contacts and, despite e-mail, fax and electronic data interchange, remain in the city centre. The result is the spatial dispersal of all economic activities except high-level services and office functions. The progressive erosion of activities in the city centre is to some extent counterbalanced by the relative high growth of economic sectors with a preference for urban locations.

### 2.2.3 Social theories: society and urban space

In social sciences theories of urban development the spatial development of cities is the result of individual or collective appropriation of space.

While much of social science research on cities is essentially a-spatial, there are a few important approaches in which mobility plays a central role. Social geography theories refer to age-, gender- or social-group specific activity patterns which lead to characteristic spatio-temporal behaviour, and hence to permanent localisations. Action-space analyses (e.g. Chapin and Weiss, 1968) identify the frequency of performance of activities reconstructed from daily space-time protocols as a function of distance to other activities and draw conclusions from this for the most appropriate allocation of housing, work-places, shopping and recreation facilities or the optimum level of spatial division of labour in cities.

Hägerstrand (1970) made these ideas operational by the introduction of 'time budgets', in which individuals, according to their social role, income and level of technology (e.g. car ownership) – subject to various types of constraints – command *action spaces* of different size and duration. Action spaces are limited by three types of constraints:

- *capacity constraints*: personal, non-spatial restrictions on mobility, such as monetary budget, time budget, availability of transport modes and ability to use them,

- *coupling constraints*: restrictions on the coupling of activities by location and time schedules of facilities and other individuals,
- *institutional constraints*: restrictions of access to facilities by public or private regulations such as property, opening hours, entrance fees or prices.

Only locations within these action spaces can be considered. It is the achievement of the 'time geography' of the Hägerstrand school to have drawn attention to the various kinds of captiveness caused by a land-use and transport system designed for the needs of the affluent and able: the restricted mobility of women with children, the elderly and the handicapped.

On the basis of Hägerstrand's action-space theory, Zahavi (1974) proposed the hypothesis that individuals in their daily mobility decisions do not, as the conventional theory of travel behaviour assumes, *minimise* travel time or travel cost needed to perform a given set of activities but instead *maximise* activities or opportunities that can be reached within their travel time and money budgets. He studied a large number of cities all over the world and found that the time and money budgets devoted to transport vary within urban regions as a function of age, income and residential location, but that they showed a remarkable stability over time when averaged across whole urban regions. It was found that in developed countries the average time spent in travel by an active person per day is slightly more than an hour and the average travel expenditure accounts for about 15% of disposable household income. The temporal stability of time and money budgets for transport explain why in the past gains in travel speed have not been used for time savings (as is usually assumed in transport cost benefit analysis) but for more and longer trips. It also explains why the fact that over the last forty years in most European countries petrol prices have declined by more than half in real terms has not led to a reduction in travel expenditure but to a vast expansion in automobile travel. Zahavi's theory finally explains why acceleration and cost reduction together permit more and more people to choose residential locations on the far periphery of urbanised areas, without increasing their time and money budgets for travel, and why shopping centres in sparsely populated peripheral locations are able to attract customers from larger and larger catchment areas.

Zahavi's theory of fixed travel budgets has since been extended by the concept of flexible time and money budgets responding to external constraints (Downes and Emmerson, 1985). The extended theory allows to model also the variation in time and money budgets across socio-economic groups and different parts of an urban area and has proved to be more plausible and theoretically sound.

The theory of time and travel budgets permits to speculate what would happen if speed and cost of travel were deliberately changed by environment-oriented planning policies. Acceleration and cost reduction in transport lead to more, faster and longer trips; speed limits and higher costs lead to less, slower and shorter trips. In the long run this has effects on the spatial structure. Longer trips make more dispersed locations and a higher degree of spatial division of labour possible; shorter trips require a better spatial co-

ordination of locations. However, making travel slower and more expensive does not necessarily lead to a re-concentration of land uses back to the historical city centre. In many urban regions population has already decentralised so much that further decentralisation of employment would be more effective in achieving shorter trips than re-concentration of population.

### 2.3 The urban land-use transport feedback cycle

The theories presented on how transport influences land use summarised in this section have made it clear that the relationship between land use and transport is not a one-way street. That urban land use and transport influences transport is common wisdom among planners and the public. That the spatial separation of human activities creates the need for travel and goods transport is the underlying principle of transport analysis and forecasting. Following this principle, it is easily understood that the suburbanisation of cities is connected with increasing spatial division of labour and increasing mobility.

The theories presented here show that there is a reverse impact from transport on land use. However, exactly how the development of the transport system influences the location decisions of landlords, investors, firms and households is not clearly understood even by many urban planners.

The recognition that trip and location decisions co-determine each other and that therefore transport and land use planning need to be co-ordinated led to the notion of the 'land-use transport feedback cycle' (Figure 1):

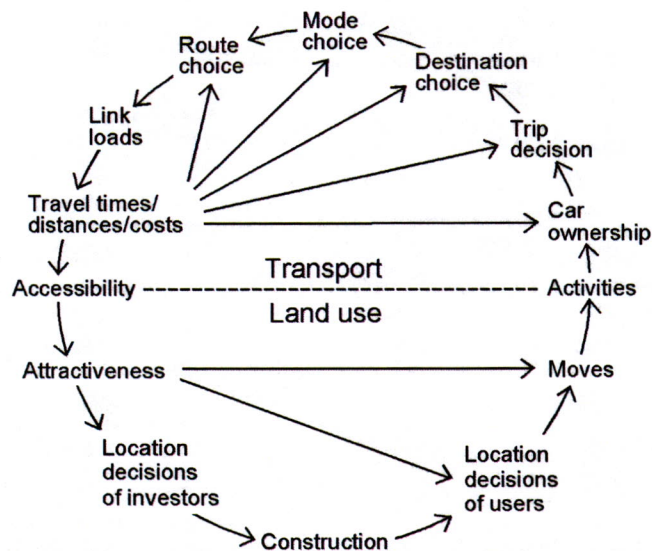


Figure 1. The land-use transport feedback cycle

The set of relationships implied by the land-use transport feedback cycle can be briefly summarised as follows:

- The distribution of *land uses*, such as residential, industrial or commercial, over the urban area determines the locations of human *activities* such as living, working, shopping, education or leisure.
- The distribution of human *activities* in space requires spatial interactions or trips in the *transport system* to overcome the distance between the locations of activities.
- The distribution of infrastructure in the *transport system* creates opportunities for spatial interactions and can be measured as *accessibility*.
- The distribution of *accessibility* in space co-determines location decisions and so results in changes of the *land use* system.

## CHAPTER 3 Empirical findings on structuring effects of transport on land-use

---

Whereas there exists a great number of empirical studies investigating the impact of urban form on transport behaviour, the reverse direction of impacts, the impact of transport on urban form, has attracted much less attention of empirical researchers. One reason for this may be that land use changes occur much more slowly than changes of travel behaviour and are subject to many other influences other than transport, such as population growth, economic development changes in life styles, household formation, consumption patterns and production technology and are therefore difficult to isolate.

Nevertheless there have been a number of studies in which the effect of transport on urban land use has been analysed. The earliest of these is the seminal study by Hansen (1959) mentioned above, in which he demonstrated for Washington, DC, that locations with good accessibility had a higher chance of being developed, and at a higher density, than remote locations ("How accessibility shapes land use"). However, there is also counter-evidence. For instance, Giuliano and Small (1993) observed that in the Los Angeles metropolitan area commuting cost has little impact on residential location choice.

### 3.1 Urban transport and land-use impact

Most of the empirical studies have limited their scope to transit developments; this is counter-intuitive with the expectation that larger land-use impact will result from road transport measures. Miller et al. (1998) reviewed studies of the impacts of commuter rail projects in North America. A common observation is that, at least in the North American context, land-use impacts of rail development tend to be small and concentrate on downtown and few suburban stations (Knight and Trygg, 1973; 1977; Giuliano, 1995; Cervero and Landis, 1997). Kreibich (1978) analysed suburbanisation in the Munich metropolitan area after the opening of the Munich S-Bahn system in 1972 and found increasing residential growth rates along the S-Bahn lines fanning out into the Munich hinterland.

Knight and Trygg (1973; 1977) reported wide differences in the strength of impacts between cities, ranging from significant in Boston, Montreal, Toronto and Philadelphia to negligible in Cleveland and Chicago. Significant concentrations of development near metro stations were found in Washington, DC (Green and Jones, 1993) and Portland, OR (Arrington, 1989). Nelson and Sanchez (1997) reported that in Atlanta employment around metro stations increased, whereas population decreased. According to Hunt et al. (1994) residential location preferences in Calgary are strongly influenced by distance to light-rail stations. Increasing property values near metro stations were reported from Philadelphia (Knight and Trygg, 1973; 1977) and the San Francisco Bay Area (Workman and Brod, 1997), but property value impacts were difficult to identify in Portland, OR (Al-Mosaind et al., 1993; Workman and Brod, 1997)

There is a lack of before-and-after studies of urban transport investments in Europe. One notable exception was the Glasgow Rail Impact Study by Gentlemen et al. (1983), which found increased planning applications and some reversal of population decline near rail stations. However the study was conducted only one year after completion of the rail improvements in Glasgow.

The key observation is that land-use impacts of transit developments, if observed, tend to be small and concentrate around the stations.

Pharoah and Apel (1995) in their comparison of transport concepts in European cities observed that policies to promote public transport over car tend to have strong positive effects on the economic development of city centres, whereas the negative effects of car restraint policies frequently feared by local businessmen have in no case been confirmed by empirical evidence. They note, however, that the causal relationship may work in the opposite direction: that city centres are not attractive because they are accessible by car but that attractive city centres can afford to be less accessible by car.

### 3.2 Accessibility and firm location

There are few systematic studies but ample common-experience evidence of the importance of accessibility by road for the location of firms. Everybody knows the road-side development of manufacturing, wholesale and service establishments along major thoroughfares and suburban motorways. The Route-128 and M5 strip developments of high-tech firms near Boston and London have their counterparts in many European countries. Garreau (1991) phrased the term 'edge city' to describe car-based office and retail developments at the outer edge of metropolitan areas in the United States.

Although it is hard to describe the importance of accessibility in the location choices of firms, because of the large differences between economic sectors and the many factors influencing the location of businesses, in general it can be stated that accessibility has a measurable positive influence on the location choices of firms. Empirical research shows that businesses are, controlling for other factors, especially sensitive to accessibility to freeways. Kawamura (2001) and Bok (2003) show empirical evidence that over time businesses have moved closer to the freeway ramps. A stated preference

study by Leitham (1999) concludes that the importance of road links to location choice varied considerably between groups of firms. For national and local relocations access to road links is in most cases important and for foreign inward investors it is unimportant. Along the observed orientation to freeways a suburbanization pattern is observed by Kawamura (2001) and Shukla (1991).

In the first half of the 1990's there has been a large research program in the Netherlands on the structuring impact of transport on land-use (so-called STRUWIN program). The STRUWIN program had several components, including an overview of existing methods and literature at that time, a definition study for a land-use and transport interaction model and several empirical studies on the impact of transport on spatial-economic developments. This review includes the most important findings from the empirical studies within the STRUWIN program. Findings on a interregional level of analysis are included in chapter six.

A research of MuConsult (1993) investigated the relationship between firm density and infrastructure. The study concludes that the relationship between firm density and distance to nearest highway approach is positive but modest. Other variables, like infrastructure and population characteristics do have a more dominant influence on the spatial location of firms.

A firm survey on the importance of location factors (Bruinsma 1995) concluded that infrastructure is viewed important but not decisive as a location factor. Access to road infrastructure is viewed as much more important than access to public transport infrastructure.

A study of Louter and Hilbers (1994) analyzed the relationship between infrastructure and economic activity at the local level of postcodes a part for the A1 corridor (between Soest and Barneveld). The study analyzed the effects on economic performance as well as the effects on location choices. A wide set of accessibility variables and other variables have been tested on their statistical relevance. Key conclusions of the study are:

- At the local level there is no general relationship between infrastructure and economic performance of firms. However, a positive relationship has been observed for some specific economic sectors. These specific sectors were conform the expectations and included the so-called "highway sensitive" sectors.
- A clear relationship can be observed between infrastructure and location choices of firms. Well accessible (by road) locations manage to attract additional economic activity from other less-accessible locations. This result might be biased by government policies allocating new commercial zones along the highways. It is possible that the perception of government agencies on the importance of infrastructure to attract economic activities is not in line with the real preferences of the firms.

### 3.3 Accessibility and residential location choice

Several research projects have focused on the relationship between transport and urban form, and more specifically on the trade off between housing type (residential densities) and accessibility. Hunt (2001) concludes, based on Stated preference research in Edmonton, that very dramatic improvements in travel times to work would be required to compensate the typical household for a move into higher density dwelling forms. A stated preference study for six cases in Belgium and the Netherlands by Molin and Timmermans (2002) confirms these findings. They concluded that regardless of the study area and the model specification, accessibility considerations are significantly less important than housing attributes and attributes related to the neighborhood. Muconsult (1999) found that commuting distance is a significant factor but housing or job characteristics are more important factors.

A study by Weisbrod (1978), based on revealed preference data, emphasizes that available transport policies marginal influence on residential preferences. Factors beyond the scope of public policy, such as the desire for single-family, detached homes among families with children, and reduced moving rates for older persons and families with several children, all affect mobility and location patterns more than other factors related to public expenditures. This study of Weisbrod also highlights the importance of housing costs in residential location decision. It is often suggested that transport policies have a strong impact on house prices. A study by Pagliara and Preston (2003) suggests that transport changes appear to have relatively modest impacts on house prices. However a hedonic price regression for the North peripheral of Lyon presents significant effects of the presence of an interchange c

The main conclusions of a study by Hague Consulting Group (1991) on residential location choice were:

- The probability of moving in a specific year is rather insensitive to changes in the level-of-service (home to work travel times and costs). Variables reflecting the stage in the life cycle seem to be more important here. There is a slight tendency of higher moving frequencies when home to work travel times and costs increase;
- The distance (by car0 between the new residence and the workplace is rather sensitive to changes in home to work travel times and costs; the choice of residential location conditional to a decision to move is affected to a considerable degree by such a level-of-service variables. Higher travel times and costs lead to shorter home to work distances through the choice of the new residences zone for those movers;
- The overall impact of changes in transport-related variables on residential choice (in a single year) is rather limited, due to low and insensitive (for level-of-service variables) annual movers fractions.

Besides the “relatively” small number of studies on the impacts of transport on land use, most of them suffer from methodological problems. Miller et al. (1998) note that in virtually no case the study design provided an adequately controlled 'experiment' to properly isolate the impacts of transport investments from other evolutionary factors at work in the urban region. They make the point that this can be achieved only by integrated land-use transport models.



## CHAPTER 4 LUTI - models, impacts of transport measures on land-use

---

Several studies have compared the results of Land-use and transport interaction (LUTI) models. In this chapter the main findings on structuring impacts of transportation from the recently finished PROPOLIS and SCATTER project are presented. The results from these studies are enriched with findings from in the literature on individual applications of Land-Use and Transport Interaction models. The findings from the models are less “hard” than the findings in the empirical literature, but the LUTI-models offer the opportunity to analyse the effects of a wide set of individual policies or policy packages.

### PROPOLIS

In the EU 5th RTD Framework project Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability (PROPOLIS) three integrated urban land-use transport models (MEPLAN, TRANUS and IRPUD) were applied to seven cities in six European countries (Helsinki, Dortmund, Inverness, Naples, Vicenza, Bilbao and Brussels) to forecast the likely impacts of a wide range of integrated land use and transport policies on urban sustainability. The policies analysed included transport infrastructure investments, pricing (of car operation, parking and cordon charges), speed limits on roads, public transport fares and speeds, land use regulations and various combinations of the above.

Although the main interest in PROPOLIS were the effects of these policies on travel, some impacts of transport on land use were reported (Lautso et al., 2004):

- The effects of transport infrastructure improvement or extensions depend very much on local conditions. In general new or improved radial connections tend to accelerate urban sprawl as they make more distant suburban locations accessible as places to live or work. However, in Vicenza also concentration of population and economic activity along a new public transport axis was observed. In Brussels the combination of an extensive area-wide improvement of the public transport system and traffic calming in residential neighbourhoods resulted in significant increases in population (+7.2%) and employment (+2.2%) in the city centre compared with the reference scenario.

- Changes in travel costs have significant long-term effects on the distribution of activities in the urban area. In Helsinki, for instance, increasing car operation costs by 75% would result in additional population growth (compared with the base forecast) in the central areas of between 0.5% and 2.5%, with corresponding decline in the suburban and rural areas of the study region.
- If public transport fares are decreased, the opposite effect occurs: people and jobs move out from the central areas the suburbs. In Helsinki the central area declines by 8 percent in population and 2 percent in jobs compared with the reference case if public transport fares are reduced by 60%. In Naples population in the city centre increased by 3.3% and employment by 3.6% percent when public transport fares are halved. The effects of increasing public transport fares on land use were minimal.
- Increasing parking charges results in a loss of population and jobs in the affected areas. In Inverness, for instance, about 11% of employment was redirected from the central area to smaller towns at the periphery when parking charges were doubled. In Naples city centre employment decreased between 1.1% and 1.8% if parking charges were increased.
- Inner-city cordon pricing policies have similar effects as increasing parking charges. In Naples, for instance, city centre population decreased between 4.6% and 7.3% and city centre employment between 2.9% and 7.6% depending on the level of the cordon charge.

## SCATTER

In the EU 5th RTD Framework project “Sprawling Cities and Transport: from Evaluation to Recommendations” (SCATTER) three integrated land-use transport models were applied to three cities (Brussels, Helsinki and Stuttgart) to study the effects of public transport improvements on urban land use. The comparison of the model results led to the following conclusions :

- New or improved public transport lines generate urban sprawl if they provide a significant improvement in the accessibility from the suburban or rural areas to the centre of urban zones where most of the workplaces are located.
- It makes a difference, though whether the network extension is radial or orbital or both. The decentralisation effect is largest if the network extension is mainly radial. The results are mixed if the network extensions are both radial and orbital.
- A reduction of public transport fares by 20% has similar effects as extending or accelerating existing public transport lines.

- Public transport investments lead to higher public transport use and less car use. However, these effects would be stronger without the relocations of households and workplaces stimulated by the improvement; in other words, their effects on sprawl “consumes” part of the potential benefits of public transport improvements.
  
- In the case of Stuttgart the effects of an extension of a regional S-Bahn (commuter rail) line could be compared with the effects of an extension of a motorway running parallel to the S-Bahn line. In all scenarios the stimulation of sprawl by the motorway was much stronger than the effect of the extension of the S-Bahn line.
  
- In all three cities the introduction of road pricing was very effective in maintaining residents and workplaces in the urban centre, curbing urban sprawl and reducing land consumption for new development. However, impact fees on new residential development in suburban and rural areas were similarly effective.
  
- Cordon pricing and parking policies were also effective, however they produced a repulsive effect on employment in inner-city areas.
  
- Incentives for office firms to locate near public transport stations or regulatory policies with the same aim comparable to the Dutch ABC location policy proved to be effective but difficult to implement in the three cities.

The authors note that in all cases the impact of transport on land use were relatively low (in the range of a few percent). As reasons for this they point out that certain groups of households, e.g. retired or old people, as well as certain types firms or institutions, such as heavy industries or central administrations or universities, are not affected by changes in travel costs.

Other references:

A paper of Lobe and Duchateau (1998) addresses the effects, as calculated with the TRANUS model, of tolling scenarios on land-use in the Brussels area. Road tolling at the entrance of the Brussels region (fare of 2 Euro or 4 Euro) results in a population increase of 1% and 4% and in a decline in employment of 6% and 8%. Another scenario combining road tolling (2 Euro) and reduction of transit fares results in a population reduction of 2 % in the Brussels region and an unchanged number of employees within the Brussels region. In this scenario the land-use effects of higher cost of travelling by car has been compensated by the land-use effects of a reduction in public transport fares.

A paper of Still, May and Bristow (1998) compares the results, impacts of transport policy on land-use for the wider Edinburgh region, of three different forecasting

techniques, namely a Delphi survey, a simple static land use model (LUCI) and a linked land-use and transport model (DELTA model). The three methods were applied for the reference forecast (changes 1991 and 2011) and to analyse the transport impacts on land-use. The reference forecast differs widely between the three methods, the DELTA models estimates a greater decentralisation of population and employment than the Delphi survey. The impacts of transport policies on land-use are presented in the table hereunder for the three methods.

	Road pricing (cordoned area)			Light Rapid Transit		
	Delphi	LUCI	DELTA	Delphi	LUCI	DELTA
<i>Population</i>						
City centre	-1.3%	+1.4%	-1.9%	+0.9%	+11.1%	+15.7%
Rest of city	+0.2%	-0.3%	+0.8%	+1.3%	+2.6%	+1.1%
Rest of region	+1.0%	+0.1%	-0.3%	+1.3%	-3.8%	+13.4%
Total area	+0.4%	0	0.0	+1.3%	0.0%	+4.4%
<i>Employment</i>						
City centre	N/A	-6.3%	-3.0%	N/A	+10.7%	+19.0%
Rest of city	N/A	+2.3%	-0.8%	N/A	-0.9%	-5.0%
Rest of region	N/A	+2.6%	+2.3%	N/A	-10%	-5.4%
Total area	N/A	0.0	0.0	N/A	0.0	0.0%

Table : Impacts from transport policy test for the Edinburgh region

Especially the high response of land-use changes in the models on LRT improvements is striking in this study. The results indicate that investments in LRT strengthen the inner city of Edinburgh and the region as a whole. These findings are higher than the findings of the PROPOLIS or SCATTER study.

A theoretical model of Anas and Rhee (2004) illustrates that congestion tolls are a very effective tool for reducing urban sprawl. Congestion tolling is a preferable policy measure in comparison with implementing urban boundaries. This measure is also effective in reducing urban sprawl but it is very likely that urban planners make errors in deciding upon the optimal urban boundary. The lack of a market for open space within urban areas make it difficult to value this variable and decide upon the right boundary.

A MEPLAN application for the Sacramento region by Abraham and Hunt (1999, 1999) illustrates the importance of modelling firm location choice. The study concludes that the movement of industry are substantial, and are much larger than the movements of households. The responses on different transport scenarios are as follows:

- *Extensive highway construction (new roadways and HOV lanes)*, concentration of industry in the more central zones. More distant zones can now be served

and employed from further away and the result is a greater separation of population and employment;

- *Rail scenario (extensive LRT construction program, increased operating costs of cars 30% and parking tax in CBD)*, The CBD loses employment as businesses relocate to other nearby zones to avoid the parking surcharge. The number of residents in the CBD increases due to lower prices as a result of the parking tax. The rail investments lead also to an increased separation of population and employment, however on many relations this is offset by the higher costs for private vehicles. The study also varies the time of implementation of the policy measures and illustrates the key role of time in assessing the land-use effects. Time periods of at least 10 years, between transport policy and land-use impact analysis, are needed to get a first sight of the real impacts on land-use;

A common result of most studies was that the impacts of transport on land use are much smaller than the reverse impact of land use on transport. The reason for this that adjustment of travel behaviour is much faster than the maximum rate of change activity locations and physical structures. Whereas travel behaviour adapts to new traffic conditions in a matter of days, or even hours, households and firms need months, or even years, to change to another location. Residences and work places have a life of a hundred years or more and are rarely torn down. Of all urban structures, transport infrastructure has the longest life as witnessed by Roman roads still travelled today.

Several studies, including PROPOLIS and SCATTER, confirmed that the best strategy to reduce urban sprawl is a combination of transport and land use policies. The most successful integrated strategy found in SCATTER was a combination of congestion pricing, reduction of public transport fare, impact fees on suburban residential development and fiscal measures to incite office firms to areas well served by public transport

## CHAPTER 5 **Drivers and theory of regional development**

---

### 5.1 Trends in regional development

The trends in spatial development at the regional, national and European scale are different from those at the urban scale. Whereas within metropolitan areas the major trend is *decentralisation*, at the regional, national and European scale the major trend is *concentration*.

The share of the urban population in Europe has continued to increase in the last decades. This is particularly true for the largest metropolitan areas in the "Pentagon" between Paris, Brussels, London, Hamburg and Munich. In many EU member states the primacy of the national capital has increased.

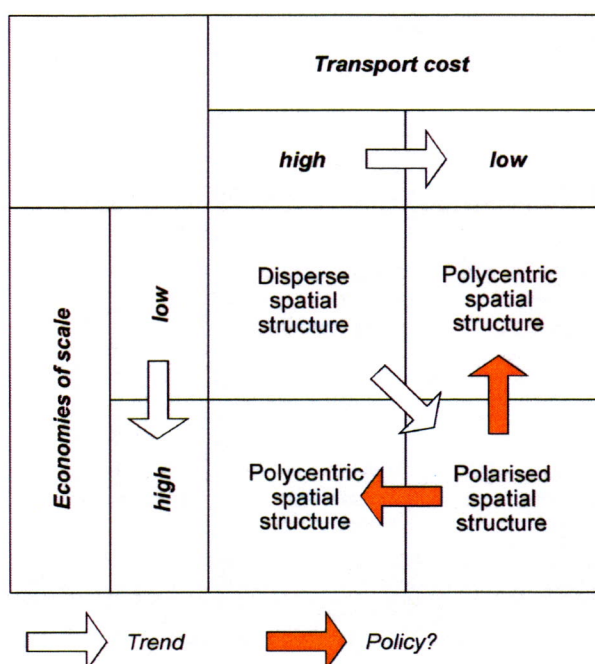
The trend towards urbanisation has gone hand in hand with growing specialisation and division of labour between countries, cities and regions. In conjunction with rising incomes and low transport costs, this has led to a dramatic growth in passenger travel and an even larger growth in goods transport. Technological advances in logistics, e-commerce and the reduction in trade barriers in the course of the integration of the Single European Market and the recent enlargement of the European Union have contributed to this growth.

The downsides of these trends are growing spatial disparities in regional economic performance and negative environmental impacts, such as increasing greenhouse gas emissions and energy consumption. These are in contrast to stated goals of the European Union, such the goal of territorial cohesion, or those stated in the European Spatial Development Perspective (ESDP) of a balanced spatial development and a polycentric urban system.

### 5.2 Drivers of regional development

The drivers of the evolution of regional development are at equal parts technological, economic and political. The primary cause is probably transport and communications technology which has made spatial interaction between distant cities and regions easier than ever before. This has made it possible that goods can be cheaply transported over longer and longer distances and so serve larger and larger markets. This in turn has made it possible to exploit the growing economies of scale of mass production through computerisation and automation more efficiently.

Both dimensions are integrated in recent results of economic geography (Krugman, 1991; Fujita et al., 1999) which show that different constellations of economies of scale and spatial interaction costs lead to different spatial arrangements of production and consumption (see Figure 1).



**Figure : Spatial structure as function of economies of scale and transport cost**

In pre-industrial times, transport costs were high and economies of scale non-existent; so local industries served local populations in small isolated settlements. The railway and later the car made travel and goods transport affordable and convenient, while at the same time mechanisation made large production units more economical; so polycentric urban systems with small and medium-sized cities became feasible. With the air plane long-distance transport has become ubiquitous and really inexpensive, whereas automation and computerisation have pushed economies of scale to the extreme; the most efficient spatial pattern for this is a polarised spatial pattern of huge agglomerations. The white arrows in the diagram represent these powerful technological trends. If the logic of the diagram is correct, only increasing

transport costs or reducing economies of scale can lead back to a polycentric spatial structure (the red arrows).

The technological and economic trends represented in the diagram are reflected, but also reinforced and accelerated, by political developments, such as the reduction of international trade barriers, the Single European market and the recent enlargement of the European Union. Lower trade barriers, easier transfer of money between national economies or lower customs and shorter waiting times at borders work in the same direction as faster trains or motorways: they make it profitable to travel and transport goods over longer and longer distances.

These developments have to be seen in the light of changes in the field of transport and communications which have fundamentally changed the way transport infrastructure influences spatial development (see Masser et al., 1992). Several trends combine to reinforce the tendency to diminish the impacts of transport infrastructure on regional development:

- An increased proportion of international freight comprises high-value goods for which transport cost is much less than for low-value bulk products. For modern industries the *quality* of transport services has replaced transport *cost* as the most important factor in location decisions.
- Transport infrastructure improvements which reduce the variability of travel times, increase travel speeds or allow flexibility in scheduling are becoming more important for improving the competitiveness of service and manufacturing industries and are therefore valued more highly in location decisions than changes resulting only in cost reductions.
- Telecommunications have reduced the need for some goods transports and person trips, however, they may also increase transport volumes by their ability to create new markets.
- With the shift from heavy-industry manufacturing to high-tech industries and services other less tangible location factors have come to the fore and have at least partly displaced traditional ones. These new location factors include factors related to leisure, culture, image and environment, i.e. quality of life, and factors related to access to information and specialised high-level services and to the institutional and political environment.

On the other hand, there are also tendencies that increase the importance of transport infrastructure:

- The introduction of new, superior levels of transport such as the high-speed rail system may create new locational advantages, but also disadvantages for regions not served by the new networks.



- Another factor adding to the importance of transport is the general increase in the volume of goods movements (due to changes in logistics such as just-in-time delivery) and travel (due to growing affluence and leisure time).

Both above tendencies are being accelerated by the increasing integration of national economies by the enlargement of the European Union and the ongoing globalisation of the world economy.

### 5.3 Feedback between regional development and transport

The relationship between regional development and transport can be seen as a self-reinforcing positive feedback loop in which regional economic growth creates more traffic and, vice versa, transport opportunities generate regional economic growth, with congestion and factor prices acting as equilibrating negative feedbacks:

- The spatial distribution of economic activity and population gives rise to shipments of goods and movements of travellers between the regions.
- Shippers and travellers make decisions about vehicle ownership, trips to make (or not to make), choice of destination, choice of mode(s) and choice of route(s).
- These decisions lead to congestion in parts of the networks which result in increases in transport and travel costs and travel times which in turn affect the transport decisions of shippers and travellers.
- Transport and travel costs in the networks (including costs of congestion) are location factors co-determining the attractiveness of regions for investors and households.
- Investors decide on the location or relocation of capital and firms, this leads to changes in employment opportunities in the regions.
- Households make migration decisions as a function of employment opportunities, this leads to changes in regional population.

## CHAPTER 6 **Empirical findings on transport impacts on regional development**

---

### 6.1 Regional effects of transport

A list of important regional effects of transport investment has to include the following aspects (WS Atkins et al., 1999): Transport investment may broaden the access of employers to qualified labour, expand market areas, attract inward investment, improve the image of a region, unlock suitable development sites and induce further economic activity and further employment. However, there may be also negative impacts: The net effect on employment and regional activities depends on the balance between export promotion and import substitution for local production. Transport improvement may have displacement effects in other regions. Marginal changes in the quality of an already good infrastructure system are less likely to have significant effects. Transport investments may reduce the demand for transport resources (e.g. drivers and vehicles) by improving the productivity of the transport sector. And finally, labour market characteristics have to be considered. Transport investment can generate positive employment effects at three levels:

- *Direct employment effects of investments in transport infrastructure.* The importance of employment effects during the building period is small. After the end of the investment phase most of the employment effects disappear.
- *Transport-related employment effects* in the automobile industry, transport-related industries and other industries.
- *Employment effects due to location advantages and increased growth.* The employment effects due to increased growth prevail after the investment phase.

## 6.2 Accessibility and firm location

The important role of transport infrastructure for regional development is one of the fundamental principles of regional economics. In its most simplified form it implies that regions with better access to the locations of input materials and markets will, *ceteris paribus*, be more productive, more competitive and hence more successful than more remote and isolated regions (Jochimsen, 1966).

However, the impact of transport infrastructure on regional development has been difficult to verify empirically. There seems to be a clear positive correlation between transport infrastructure endowment or the location in interregional networks and the *levels* of economic indicators such as GDP per capita (e.g. Biehl, 1986; 1991; Keeble et al., 1982; 1988). However, this correlation may merely reflect historical agglomeration processes rather than causal relationships effective today (cf. Bröcker and Peschel, 1988). Attempts to explain *changes* in economic indicators, i.e. economic growth and decline, by transport investment have been much less successful. The reason for this failure may be that in countries with an already highly developed transport infrastructure further transport network improvements bring only marginal benefits. The conclusion is that transport improvements have strong impacts on regional development only where they result in removing a *bottleneck* (Blum, 1982; Biehl, 1986; 1991).

The STRUWIN program on structuring impacts of transport included also several project analyzing the effects at the regional level.

NEI (1993) has analyzed for the whole of the Netherlands the relationship between the implementation of new infrastructure and employment. The analysis covers the period 1960-1990, time-steps of five year, for 80 regions and 18 economic sectors. The study concluded that there was no clear relationship between new infrastructure and employment at the regional level. The regions in the center of the country (Randstad) were insensitive for new infrastructure, but in more remote regions a positive relationship was observed. Furthermore at the national level the study did not find a positive relationship between the implementation of new infrastructure and economic growth. A weak point of this study is that infrastructure has been included as the only explanatory variable and all other important variables have been neglected.

Bruinsma, Rienstra and Rietveld (1994) reported on an empirical analysis of the A1 corridor road infrastructure on regional development, by COROP region, for the period 1970-1990. The level of infrastructure is expressed as square kilometers road by COROP region. The main conclusion is that for some regions, not all, the road density has a positive influence on employment. The influence of infrastructure has been estimated among other explanatory variables.

Another debate concerns the question whether transport infrastructure investments merely result in spatial reallocations of economic activity (a *zero-sum game*) or whether they cause a sustained increase in overall welfare. Large transport infrastructure projects obviously have employment effects in the construction industry and, through multiplier effects, in related industries and consumer goods industries, even though these effects are restricted to the period of construction. It is equally clear that transport infrastructure improvements, by the savings in travel and transport time and cost they provide, increase the productivity of transport users as they enable them to provide goods and services more efficiently, and this will result in more goods and services

being produced and consumed and so increase the general welfare. However, public and private money spent on transport cannot be spent on other things which also might increase the general welfare, so the net effect for the total area under study may be zero. In addition, it is not certain whether the gains in productivity will indeed result in more goods and services being produced and consumed. It may well be that a large part of the savings in travel time and transport cost will be merely used for making longer trips and shipping the same amount of goods over longer distances. Even though this is recorded as an increase in GDP, it may not reflect a true gain in human well-being and certainly is harmful to the environment.

While there is uncertainty about the magnitude of the impact of transport infrastructure on regional development, there is even less agreement on its direction. It is debated whether transport infrastructure contributes to regional polarisation or decentralisation. Some analysts argue that regional development policies based on the creation of infrastructure in lagging regions have not succeeded in reducing regional disparities in Europe (Vickerman, 1991a), whereas others point out that it has yet to be ascertained that the reduction of barriers between regions has disadvantaged peripheral regions (Bröcker and Peschel, 1988). From a theoretical point of view, both effects can occur. A new motorway or high-speed rail connection between a peripheral and a central region, for instance, makes it easier for producers in the peripheral region to market their products in the large cities, however, it may also expose the region to the competition of more advanced products from the centre and so endanger formerly secure regional monopolies (Vickerman, 1991b).

The regional impacts resulting from the development of the high speed rail line between Paris and Lyon are according to a before and after survey research of Bonnafous (1987), as follows:

- The high-speed line enables regional specialist companies to establish themselves on the Parisian market. For these companies it has diminished the need to establish an office in Paris as Paris is now easily accessible. The activity of firms from Paris in the region has grown but at a much lower speed;
- The effect of the high-speed connection on the location of industries was minimal. This is partly caused because the line was introduced in a period of crisis. Furthermore the high speed connection was viewed as a bonus factor and very rarely as a determining factor.

Plassard (1991) concludes that the high –speed rail link between Paris and Lyon has benefit both cities and there is no sign of concentration of activities from Lyon in Paris. However at a lower scale level some cities in the surrounding of Paris have become within commuting distance and a growth in the number of high-income residents has been observed. This growth in population has not been followed by a growth in employment.

While these two effects may partly cancel each other out, one factor unambiguously increases existing differences in accessibility. New transport infrastructure tends to be built not between core and periphery but within and between core regions, because this is where transport demand is highest (Vickerman, 1991a).

The impact of transport policies on regional development has been studied in a number of EU-funded projects, such as “Integrated Assessment of Spatial Economic and Network Effects of Transport Investments and Policies” (IASON) in the 5th Framework Programme (Bröcker et al., 2004a) and "Territorial Impacts of EU Transport and TEN Policies" of the ESPON Programme (Bröcker et l., 2004b).

The main general result from the scenario simulations is that the overall effects of transport infrastructure investments and other transport policies are small compared with those of socio-economic and technical macro trends, such as globalisation, increasing competition between cities and regions, ageing of the population, shifting labour force participation and increases in labour productivity. These trends have a much stronger impact on regional socio-economic development than transport policies. If one considers that under normal economic circumstances the long-term growth of regional economies is in the range between two and three percent per year, additional regional economic growth of less than one or two percent over twenty years is almost negligible.

The second main result is that even large increases in regional accessibility translate into only very small increases in regional economic activity. However, this statement needs to be qualified, as the magnitude of the effect seems to depend strongly on the already existing level of accessibility. For regions in the European core with all the benefits of a central geographical location *plus* an already highly developed transport and telecommunications infrastructure, additional gains in accessibility through even larger airports or even more motorways or high-speed rail lines may will bring only little additional incentives for economic growth. For regions at the European periphery or in the accession countries, however, which suffer from the remote geographical location *plus* an underdeveloped transport infrastructure, a gain in accessibility through a new motorway or rail line may bring significant progress in economic development. But, to make things even more complex, also the opposite may happen if the new connection opens a formerly isolated region to the competition of more efficient or cheaper suppliers in other regions.

If the different types of policies are compared, high-speed rail projects seem to be more effective in terms of promoting regional economic activity than conventional rail projects, and rail projects seem to be more effective than road projects. All transport pricing scenarios have negative economic effects but these can be mitigated by their combination with network scenarios with positive economic effects, although the net

effect depends on the magnitude of the two components. Not surprisingly, large comprehensive programmes have more substantial effects than isolated projects.

As regards the cohesion goal, the situation is very complex. There are several methods and indicators to measure the contribution of a policy or policy combination to the cohesion objective. However, these methods and indicators give partly contradictory results. In particular the most frequently applied indicators of cohesion, the coefficient of variation and the Gini coefficient, tends to signal convergence where in many cases in fact divergence occurs. The coefficient of variation, the Gini coefficient, the ratio between geometric and arithmetic mean and the correlation between relative change and level measure *relative* differences between regions and classify a policy as pro-cohesion if economically lagging regions grow faster (in relative terms) than economically more advanced, i.e. more affluent regions. However, one percent growth in a poor region in absolute terms is much less than one percent growth in a rich region. Even if poorer regions grow faster than rich regions (in relative terms), in most cases the income gap between rich and poor regions (in absolute terms) is widening. Which concept of cohesion (or convergence or divergence) is applied, is a matter of definition – and political preference. It is therefore of great importance to clearly state which type of cohesion indicator is used in an analysis.

Beyond these methodological difficulties, it has become clear that many infrastructure investment programmes of the past have been anti-cohesion, i.e. have contributed to widening the spatial disparities between central and peripheral regions in Europe. This is even true for the 'old' list of TEN priority projects. The 'new' list of priority projects is a clear advance in this respect. However, there is room for improvement, as some of the scenarios have shown. The simulations have demonstrated that rapid upgrading and extending of the rail and road infrastructure in eastern Europe would contribute to the economic and social integration of the accession countries after the enlargement of the European Union.

This chapter addresses some general remarks on the findings and presents an overview table outlining the land-use impacts of different transport policies. Some general remarks are:

- Key drivers of urban regional change are outside the influence of transport policies and include changes in income, household composition, lifestyles, housing preferences, etc. The structuring impact of transportation is therefore influenced by changes in the other drivers and the structuring impact is likely to vary for different cities/regions and different scenarios;
- Most of the empirical studies conclude that the structuring impact of transportation in developed countries is relatively small, changes in the number of employees or residents are often no more than a few percent. Furthermore the consequence of the slow dynamics, only a small percentage of the population or firms considers to move within a year, is that it will take a long time before the full land-use impacts of a transport measure can be observed;
- The land-use changes do have a very long-term influence on the urban and regional structure and can be considered as almost irreversible. This can be illustrated by observing the difficulties, which car-base low-density cities (e.g. like LA) have with formulating alternative transport strategies. These difficulties are both physical (densities are too low for an efficient public transport system) as well as mental (children that do not use public transport or the slow mode in their childhood are reluctant to use these modes when they are older).

Table 2 illustrates the impact of transport policies on land use. First individual policies and their impacts are listed: change in transport infrastructure, change in travel costs and changes of the costs arising at trip ends, such as parking fees or cordon charges. The impacts on four different groups of locators are distinguished: impacts on residential location, industrial location, office location and retail location.

The impact of transport on land use is mediated by a change in the accessibility of a location. Accessibility is of different importance for different types of land uses. It is an essential location factor for retail and office uses. Locations with high accessibility tend to be developed faster than other areas, as residential areas. The value of accessibility to manufacturing industries varies considerably depending mainly on the goods produced. If, however, accessibility in an entire city is increased, it will result in a more dispersed settlement structure.

Table 2. Impacts of transport on land use

Factor	Impact on	Impacts
Change in transport infrastructure	Residential location	New radial roads lines accelerate urban sprawl unless. So do new public transport lines unless development is concentrated at stations.
	Industrial location	Transport-intensive firms will move to motorway exits
	Office location	Office development will only concentrate at public transport stations if there are other incentives.
	Retail location	New roads will accelerate retail development on greenfield sites. Good public transport helps to keep retail in city centres.
Change in travel cost	Residential location	Higher car operating costs will slow down sprawl, lower public transport fares will stimulate sprawl.
	Industrial location	No affected.
	Office location	Little effect. Office development in suburban office parks will decline.
	Retail location	Higher car operating costs will not affect greenfield shopping centres much as customers live in the suburbs. Lower public transport fares will attract more customers to city centre shops.
Change in parking costs/cordon charge	Residential location	Inner city residential development is little affected if residents receive free or discounted passes.
	Industrial location	Not affected.
	Office location	Inner-city office development will not be affected if employees receive free or discounted passes.
	Retail location	Inner-city retail firms will suffer if customers have to pay higher parking costs or cordon charges
Change in accessibility	Residential location	More accessible locations are developed faster. If accessibility in the whole region grows, residential development will be more dispersed.
	Industrial location	Accessibility is more important for high-tech and service firms than for manufacturing firms.
	Office location	Office development occurs predominantly at highly accessible inner-city locations or in office parks or 'edge cities' with good motorway access.
	Retail location	Retail development occurs either at highly accessible inner-city locations or on peripheral sites with ample parking and good road accessibility.

The effects of transport infrastructure investments and other transport policies on regional development are small compared with those of socio-economic and technical macro trends, such as globalisation, increasing competition between cities and regions,



ageing of the population, shifting labour force participation and increases in labour productivity. Even large increases in regional accessibility translate into only very small increases in regional economic activity. In particular for regions with an already highly accessible location and already highly developed transport and telecommunications infrastructure, additional gains in accessibility through airports, motorways or high-speed rail lines will bring only little additional incentives for economic growth. For peripheral regions, however, which suffer from the remote geographical location and an underdeveloped transport infrastructure, a gain in accessibility through a new motorway or rail line may bring significant progress in economic development. Table 3 summarises the impacts of transport on regional development and of regional development on transport.

Table 3. Impacts of transport on regional development

Factor	Impact on	Impacts
Accessibility for travel	Manufacturing	There is little evidence of impacts of accessibility for travel on location of manufacturing.
	Services	Accessibility by road, rail and air is very important for high-tech and service firms. Speed and convenience are more important than cost.
	Tourism	Accessibility by road, rail and air is very important for tourist regions.
Accessibility for freight	Manufacturing	Accessibility for lorries is a major location factor for manufacturing firms. Reliability is more important than speed and cost.
	Services	Business services are dependent on the locations of manufacturing firms and are so indirectly affected by accessibility for freight.
	Tourism	No effect.

## References

- Abraham J.E., Hunt J.D. (1999), *Policy analysis using the Sacramento MEPLAN Land-use transport interaction model*, TRB-meeting, Washington
- Abraham J.E., Hunt J.D. (1999), *Firm location in the MEPLAN model of Sacramento*, TRB-meeting, Washington
- Al-Mosaind, M. A., Deuker, K. J., Strathman, J. G. (1993): Light-rail station and property values: a hedonic price approach. *Transport Research Record* 1400, 90-94.
- Alonso, W. (1964): *Location and Land Use*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anas, A. (1983): Discrete choice theory, information theory and the multinomial logit and gravity models. *Transport Research* 17 B, 13-23.
- Anas, A, Rhee H.J. (2004), *Curbing excess sprawl with congestion tolls and urban boundaries*, research paper supported by National Science Foundation, US
- Arrington, G.B. Jr. (1989): Light rail and land use: a Portland success story. Paper presented at Transport Research Board meeting, Washington, DC, January.
- Biehl, D. (Ed.) (1986): *The Contribution of Infrastructure to Regional Development*. Final Report of the Infrastructure Studies Group to the Commission of the European Communities. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Biehl, D. (1991): 'The role of infrastructure in regional development'. In Vickerman, R.W. (Ed.): *Infrastructure and Regional Development*. European Research in Regional Science 1. London: Pion, 9-35.
- Blum, U. (1982): 'Effects of transportation investments on regional growth: a theoretical and empirical investigation'. *Papers of the Regional Science Association* 49, 169-184.
- Bröcker, J., Peschel, K. (1988): 'Trade'. In Molle, W., Cappelin, R. (Eds.): *Regional Impact of Community Policies in Europe*. Aldershot: Avebury.
- Bröcker, J., Meyer, R., Schneekloth, N., Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M. (2004a). Modelling the Socio-Economic and Spatial Impacts of EU Transport Policy. IASON Deliverable 6. Kiel/Dortmund: Christian-Albrechts-Universität Kiel/Institut für Raumplanung, Universität Dortmund.
- Bröcker, J., Capello, R., Lundqvist, L., Meyer, R., Rouwendal, J., Schneekloth, N., Spairani, A., Spangenberg, M., Spiekermann, K., van Vuuren, D., Vickerman, R. Wegener, M. (2004b): *Territorial Impacts of EU Transport and TEN Policies*. Final Re-port. Kiel: Institute of Regional Research, University of Kiel. [http://www.espon.lu/on-line/documentation/projects/policy\\_impact/1867/fr-2.1.1.pdf](http://www.espon.lu/on-line/documentation/projects/policy_impact/1867/fr-2.1.1.pdf)

- Bruinsma F., Rienstra S., Rietveld P. (1994), *De structurerende effecten van infrastructuur op interregionaal niveau langs verbindingssassen*, Free University Amsterdam
- Bruinsma F., Rienstra S., Rietveld P. (1995), *De structurerende werking van infrastructuur: een ondernemerssurvey*, Free University Amsterdam
- Cervero, R., Landis, J. (1997): Twenty years of the Bay Area Rapid Transit System: land use and development impacts. *Transport Research A* 31, 309-333.
- Chapin, F.S. (1965): *Urban Land Use Planning*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Chapin, F.S., Weiss S.F. (1968): A probabilistic model for residential growth. *Transport Research* 2, 375-390.
- Christaller, W. (1933): *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena. Re-edition: Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1968.
- Downes, J.D., Emmerson, P. (1985): *Urban Travel Modelling with Flexible Travel Budgets*. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- Garreau, J. (1991): *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Doubleday.
- Gayda, S., Schailleé, N., Lautso, K., Lehto, H., Moilanen, P., Haag, G. Binder, J. (2004): Simulations with Integrated Land-Use/Transport Models in 3 Case Cities: Brussels, Helsinki and Stuttgart and Assessment of the Simulated Measures. SCATTER Deliverables 5 and 6. Brussels: STRATEC S.A.
- Gentlemen, H., Mitchell, C.G.B., Walmsley, D.A.J. Wicks (1983): *The Glasgow Rail Impact Study: Summary Report*. Supplementary Report 800. Crowthorne, Berkshire: Transport and Road Research Laboratory.
- Giuliano, G. (1995): Land use impacts of transport investments: highway and transit. In: Hanson, S. (ed.): *The Geography of Urban Transport*. 305-341.
- Giuliano, G., Small, K.A. (1993): Is the journey to work explained by urban structure? *Urban Studies* 30, 1485-1500.
- Green, R.D., Jones, D.M. (1993): *Rail Transit Station Area Development: Small Modeling in Washington, DC*. New York: Armonk.
- Hägerstrand, T. (1970): What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association* 24, 7-21.
- Hague Consulting Group (1991), *Report on the residential choice project*, prepared for Dienst Verkeerskunde, Netherlands
- Hansen, W.G. (1959): How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners* 25, 73-76.
- Hunt J.D., A stated preference analysis of sensitivities to elements of transport and urban form, In *Transport Research Board: proceedings 80<sup>th</sup> Annual Meeting*. CD-ROM. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2001
- Hunt, J.D., McMillan, J.D.P., Abraham, J.E. (1994): Stated preference investigation of influences on attractiveness of residential locations. *Transport Research Record* 1466, 79-87.

- Isard, W. (1956): *Location and Space Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jacobs, J. (1969): *The Economy of Cities*. New York: Random House.
- Jochimsen, R. (1966): *Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung*. Tübingen: Mohr
- Keeble, D., Owens, P.L.; Thompson, C. (1982): 'Regional accessibility and economic potential in the European Community'. *Regional Studies* 16, 419-432.
- Keeble, D., Offord, J., Walker, S. (1988): *Peripheral Regions in a Community of Twelve Member States*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Knight, R.L., Trygg, L. L. (1973): Evidence of land use impacts of rapid transit systems. *Transport* 6, 163-178.
- Knight, R.L., Trygg, L.L. (1977): *Land Use Impacts of Rapid Transit*, Washington, DC: US Department of Transport.
- Kreibich, V. (1978): The successful transport system and the regional planning problem: an evaluation of the Munich rapid transit system in the context of urban and regional planning. *Transport* 7, 137-145.
- Krugman, P. (1991) *Geography and Trade*. Cambridge/London: MIT Press.
- Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R., Gayda, S. (2004): *PROPOLIS – Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*. Helsinki: LT Consultants
- Lobe P, Duchateua H. (1998), *Impacts of transport price on mobility and land use in the Brussels area*, web site <http://www.feem.it/gnee/libr.html>
- Lösch, A. (1940): *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Jena. Neuauflage: Stuttgart: Fischer, 1962.
- Louter P.J., Hilbers H.D. (1994), *Infratructuur en regionale ontwikkeling; casestudie structurerende effecten op regionaal en lokaal niveau in de Barneveld-Amersfoort-Soest regio*, TNO-INRO, Delft
- Lowry, I.S. (1964): *A Model of Metropolis*. RM-4035-RC. Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Masser, I., Svidén, O., Wegener, M. (1992): *The Geography of Europe's Futures*. London: Belhaven Press.
- Miller, E.J., Kriger, D.S., Hunt, J.D., Badoe, D.A. (1998): *Integrated Urban Models for Simulation of Transit and Land-Use Policies*. Final Report, TCRP Project H-12. Toronto: Joint Program of Transport, University of Toronto.
- Molin E., Timmermans H. (2003), *Accessibility considerations in residential choice decisions: accumulated evidence from the Benelux*, , In *Transport Research Board: proceedings 82<sup>th</sup> Annual Meeting*. CD-ROM. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2003

- MuConsult (1993), *Structurerende effecten van infrastructuur op interregional niveau langs verbindingssassen; een analyse op postcodeniveau*, Utrecht
- MuConsult (1999), *Ontwikkelingen in woon-werkafstemming: analyse van verhuisgedrag in Nederland*, Amersfoort
- Myrdal, G. (1957): *Economic Theory and Underdeveloped Regions*. London: Duckworth.
- Nederlands Economisch Instituut (1993), *Relatie openstelling rijkswegen en regionaal-economische ontwikkeling in de periode 1960-1990*, Rotterdam
- Nelson, A.C., Sanchez, T.L. (1997): The influence of MARTA on population and employment location. Paper presented at the 76th Annual Meeting of The Transport Research Board, Washington DC.
- Ohlin, B. (1933): *Interregional and International Trade*. Cambridge, MA: Addison Wesley
- Pagliara F. and J. Preston (2003), *The impact of transport on residential location*, Transport Studies Unit, University of Oxford
- Perroux, F. (1955): Note sur la notion du pôle de croissance. *Economique Appliquée* 1955, 307-320.
- Pharoah, T., Apel, D. (1995): *Transport Concepts in European Cities*. Aldershot: Ashgate.
- Pred, A.R. (1966) *The spatial dynamics of urban-industrial growth, 1800-1914; interpretive and theoretical essays*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Pred, A.R. (1977) *City-systems in advanced economies: past growth, present processes and future development options*, Hutchinson, London.
- Thompson, W.R. (1968) Internal and external factors in the development of urban economies, in: H. Perloff en L. Wingo Jr. (red.) *Issues in urban economies*, John Hopkins Press, Baltimore.
- van den Berg, L., Drewett, R., Klaassen, L.H., Rossi, A., Vijverberg, C.H.T. (1982): *Urban Europe: A Study of Growth and Decline*. Oxford: Pergamon Press.
- Vickerman, R.W. (1991a): Introduction. In Vickerman, R.W. (ed.): *Infrastructure and Regional Development*. London: Pion.
- Vickerman, R.W. (1991b): Other regions' infrastructure in a region's development. In: Vickerman, R.W. (ed.): *Infrastructure and Regional Development*. London: Pion.
- Von Thünen, J.H. (1826): *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Hamburg.
- Weber, A. (1909): *Über den Standort der Industrien*. Tübingen.
- Weber, M. (1921): *Die Stadt*. Tübingen.
- Weisbrod G., Ben-Akiva M., Lerman S. (1978), Tradeoffs in residential location decision: transport versus other factors, *Transport Policy and Decision-making VI*, N1, published version 1980
- Wilson, A.G. (1967): A statistical theory of spatial distribution models. *Transport Research* 1, 253-69.

Wilson, A.G. (1970): *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion.

Workman, S.L., Brod, D. (1997): Measuring the neighborhood benefits of rail transit accessibility. Paper presented at the 76th Annual Meeting of the Transport Research Board, Washington DC.

WS Atkins, Steinbeis Transfer Centre of Applied Systems Analysis, Institut für Raumplanung (Universität Dortmund), Institut für Verkehrswirtschaft (Universität Köln) (1999): Modelling Multimodality, Intermodality, Interoperability, Accessibility and Area Impacts of Transport Infrastructure. Deliverable 7 of EU project EUROSIL (European Strategic Intermodal Links). London: WS Atkins.

Zahavi, Y. (1974): *Traveltime Budgets and Mobility in Urban Areas*. Report FHW PL-8183, Washington, D: US Department of Transport.