



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

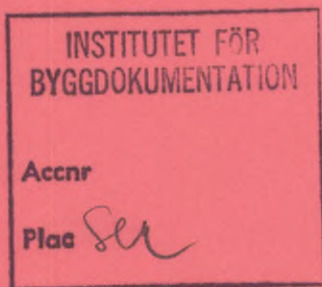
**R137:1985**

# **Samhällsplanering och energi**

**Om samband mellan översiktlig fysisk  
struktur och energisystem**

**Lars Lundqvist  
Lars Göran Mattsson  
Erik Anders Eriksson**

*K/MW*



**Byggnadsforskningsrådet**

R137:1985

SAMHÄLLSPLANERING OCH ENERGI

Om samband mellan översiktlig fysisk struktur  
och energisystem

Lars Lundqvist  
Lars Göran Mattsson  
Erik Anders Eriksson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810930-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för matematik, KTH, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R137:1985

ISBN 91-540-4498-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985



## FÖRORD

Samhällsplaneringsgruppen vid matematiska institutionen, KTH, har under perioden 1981-1985 bedrivit forskning inom ramprogrammet "Systemanalytiska metoder i samhällsplaneringen - med särskild inriktning på samband mellan samhällsplanering och energi". Forskningen har skett med stöd av Statens Råd för Byggnadsforskning och Forskningsrådsnämnden.

Syftet med denna rapport är att översiktligt sammanfatta resultaten från den energiinriktade forskningen inom ramprogrammet. Delar av dessa resultat har presenterats vid möten med politiker och planerare på kommunal och regional nivå. Vi hoppas att denna sammanfattande rapport ska komma till användning vid kurser och konferenser om kommunal och regional energiplanering. Resultaten har också i viss utsträckning presenterats och publicerats internationellt. Ytterligare tidskriftsartiklar kommer att skrivas på basis av detta material och en internationell forskarkonferens planeras till 1986.

Under arbetets gång har de fem ursprungliga delprojekten (två tillämpningsinriktade, tre teoretiskt orienterade) utvecklats till en gemensam forskningsstrategi. Denna ger utrymme för såväl separata som integrerade analyser av omgivningsscenarier, bebyggelse-systemet, energiförsörjningssystemet och transportsystemet. I rapporten ges exempel på både detaljerade separata studier och mera översiktliga integrerade studier. Vi redovisar också ett antal uppslag till fortsatt forskning med utgångspunkt från detta synsätt.

Stockholm i augusti 1985

Lars Lundqvist  
Samhällsplaneringsgruppen

Vi riktar ett stort tack till Synnöve Kaxe som tålmodigt och effektivt har skrivit ut våra manuskript och infört alla våra ändringar.

## INNEHÅLL

### SAMMANFATTNING

V - XIV

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Samhällsplanering och energi<br>- från forskningsprogram till forsknings-<br>strategi<br>Lars Lundqvist  | 1   |
| 2. Sårbarhet och handlingsfrihet inom<br>energiområdet<br>Erik Anders Eriksson  | 9   |
| 3. Framtidsbilder på nationell och regional<br>nivå<br>Lars Lundqvist   | 49  |
| 4. Lokaliseringsmönster och energi för<br>persontransporter - en diskussion av<br>internationell litteratur<br>Lars-Göran Mattsson                                | 63  |
| 5. Bostadslokalisering och resebeteende vid<br>förändrade transportkostnader<br>Lars-Göran Mattsson   | 85  |
| 6. Långsiktiga markanvändningsalternativ för<br>Stockholmsregionen<br>Lars Lundqvist  | 103 |
| 7. Pendlingsmönster och energianvändning<br>Lars Lundqvist  | 119 |
| 8. Utformning av regionala energisystem<br>Lars Lundqvist   | 127 |
| 9. Samordnad översiktlig planering - om<br>välfärds-, kostnads- och energiperspektiv<br>på planering av bostadsförsörjning och<br>infrastruktur<br>Lars Lundqvist | 135 |
| 10. Några uppslag till fortsatt forskning<br>Lars Lundqvist   | 159 |

## SAMMANFATTNING

Samhällsplanering och energi - från forskningsprogram till forskningsstrategi

Kapitlet beskriver det *forskningsprogram* som legat till grund för Samhällsplaneringsgruppens koncentrerade satsning på forskning om samband mellan översiktlig fysisk struktur och energisystem under perioden 1981-85. Forskningsprogrammet innehöll fem projekt varav två avsåg medverkan i större tillämpningsinriktade forskningsprojekt ("Regionplanering och framtida energisystem", "Kommunernas roll i kort- och långsiktig energihushållning"). Övriga tre behandlade metodutveckling och systemanalys med relevans för de tillämpningsorienterade studierna.

Under arbetets gång utvecklades forskningsprogrammet till en integrerad *forskningsstrategi* omfattande omgivnings-scenarier, bebyggelsesystemet, transportsystemet, energisystemet samt beroenden mellan dessa. Beslut under osäkerhet är ett område av gemensamt intresse för de olika delsystemen. Innehållet i följande avsnitt av rapporten relateras i inledningskapitlet till vår forskningsstrategi, vars målsättning är att successivt och systematiskt utveckla delmodeller och studier av samband mellan delsystem som steg på vägen mot en integrerad systemanalys.

Sårbarhet och handlingsfrihet inom energiområdet

Många händelser under senare år har understrukit betydelsen av att energinvesteringar utformas med hänsyn till *osäkerhet* - i debatten uttrycks detta ofta som att *sårbarhet* bör undvikas - och ett ibland användbart sätt att ta sådan hänsyn är att utforma energisystemen så att *handlingsfrihet* bibehålls.

Handlingsfrihet som en aspekt av *adaptivitet*, liksom *flexibilitet*, *riskspredning* och *köp av information* är metoder för *hantering av osäkerhet* och utformning av *beslutsalternativ* hämtade från *planeringsteori*, som diskuteras i kapitlet.

*Beslutsanalysen* tillhandahåller systematiska metoder för val mellan beslutsalternativ under osäkerhet. Påstådda svårigheter när det gäller beslutsanalysens användbarhet beroende på behovet att specificera subjektiva sannolikheter för olika utfall diskuteras kritiskt. Med hjälp av exemplet *felriskminimering kontra feleffektminimering* påvisas svårigheter vid användningen av beslutsanalys med det vanliga *förväntade nytta-kriteriet* på alternativ grundade på mycket olika principer.

Förutom det ovan behandlade problemet hur en enskild beslutsfattare bör och kan hantera osäkerhet, uppmärksammas det förhållandet att energinvesteringsbeslut normalt berör *många aktörer* med *delvis motstridiga intressen*. Beslutsfattande under sådana betingelser behandlas inom en stor mängd kunskapsområden. I kapitlet behandlas detta främst utgående från ekonomisk teori; särskilt diskuteras möjligheter och begränsningar för marknadslösningar och avvägningen mellan generella och riktade styrmedel.

#### Framtidsbilder på nationell och regional nivå

Kommuner och regioner har ett mycket stort omvärldsberoende. Som underlag för bl a kommunal energiplanering behöver alternativa framtider för det svenska energiekonomiska systemet analyseras. Utvecklingen i Sverige är till stor del avhängig vad som händer på global nivå. Vi har formulerat antaganden dels om osäkra yttre och inre tillväxtförutsättningar och dels om den svenska ekonomins interna och externa balans:

		Tillväxtförutsättningar (energipriser, världshandelstillväxt, kapitalbildning)		
		goda	medel	dåliga
Intern och extern balans (bytesbalans, offentlig sektor)	obalans	-	II EKONOMI I OBALANS	I KRISEKONOMI
	balans	IV TILLVÄXTEKONOMI	III EKONOMI I BALANS	-

Konsekvenserna av dessa fyra scenarier för den energiekonomiska utvecklingen på nationell och regional nivå analyseras med två kopplade modeller: en *modell för jämviktstillväxt* på nationell nivå och en *dynamisk flerregional input-output-modell* på regional nivå.

Resultaten visar fullständiga *försörjningsbalanser och resursanvändning för åtta regioner* åren 1990, 2005 och 2020. En jämförelse mellan utvecklingen i Stockholms län och Sverige i de fyra framtidsbilderna visar en gynnsam utveckling på kort sikt för Stockholm i tre av de fyra fallen (II-IV). Konsumtion och sysselsättning växer snabbare än riksgenomsnittet fram till ca år 2000. På lång sikt är dock Stockholmsregionens ekonomiska utveckling sämre än riksgenomsnittet i samtliga fyra framtidsbilder. Den privata konsumtionen utvecklas t.ex. ca 0.5% långsammare under perioden 1975-2020. Uppgifter om priser, konsumtion och sysselsättning från dessa kalkyler utnyttjas i våra analyser av Stockholmsregionens långsiktiga markanvändning (kapitel 6).

#### Lokaliseringsmönster och energi för persontransporter - en diskussion av internationell litteratur

Hur arbete, boende och service är rumsligt organiserat i en region är en viktig bestämningsfaktor för dess transportmönster. De samband som här råder ger en möjlighet att via förändringar av den fysiska strukturen minska energiåtgången för persontransporter. I den internationella litteraturen har en serie studier presenterats, som på olika sätt och med olika metoder söker kvantitativt belysa och analysera dessa samband och möjligheter. Syftet med detta kapitel är att kortfattat diskutera några av dem beträffande såväl angreppssätt som slutsatser och konsekvenser för en bättre energihushållning.

Först tar vi upp några arbeten som är inriktade på att fastställa *empiriska samband* mellan *energianvändningen* för personresor och olika mått som beskriver den *fysiska strukturen* i regionen. Sedan behandlas uppsatser där alternativa



planer för *lokalisering av bostäder, arbetsplatser och service utvärderas* med avseende på resmönster och energiåtgång. Slutligen diskuteras några optimeringsansatser för att finna *lokaliseringsmönster* som är förknippade med *låg energi-användning* eller som maximerar något mått på välfärden av betydelse för energianvändningen.

En gemensam slutsats för de olika studierna är att en *koncentration av reseskapande aktiviteter* i en region skulle kunna *minska energiåtgången*. Vad gäller metodiken kan dock kritik riktas mot det indirekta sätt som olika former av beteenden representeras i modellerna. Speciellt allvarligt är att så få försök gjorts att fånga effekterna av energi-prishöjningar och andra transportkostnadsförändringar när det gäller t.ex. pendlingsavstånd och färdmedelsval. Den energitillämpning för Stockholmsregionen som redovisas i nästa kapitel skall ses som ett försök att något förbättra det förhållandet.

#### Bostadslokalisering och resebeteende vid förändrade transportkostnader

En datorbaserad *modell för lokalisering av bostäder* presenteras. Modellen har formulerats för att belysa *samspelet* mellan *bebyggelsemönster, transportkostnader, resebeteende och energi-åtgång* för arbetsresor. I en tillämpning på Stockholmsregionen studeras konsekvenserna av höjda bensinpriser och ett eventuellt slopande av avdragsmöjligheterna för bilresor.

Modellen förutsätter att arbetsplatsernas fördelning i en region är känd. En given totalvolym bostäder fördelas över delområden, så att ett visst mått på individernas välfärd härlett från deras pendlingsbeteende maximeras. Välfärdsmåttet är grundat på ett antagande om att individernas bosättningsval (och därmed pendlingsmönster) kan beskrivas med en s.k. *logitmodell* där kostnader för arbetsresor samt boendetäthet och prisnivå i de enskilda bostads-

områdena tillåts påverka valet. Kopplat till denna pendlingsmodell finns en färdmedelsvalsmodell (bil, kollektivt och gång/cykel) också av logittyp.

Den beskrivna ansatsen tillämpas på Stockholmsregionen för år 1990. Förutsättningarna är så långt möjligt anpassade till aktuell regionplan medan beteendemodellerna är kalibrerade på data från senast tillgängliga folk- och bostadsräkning (FoB 75). Några olika scenarioalternativ för *bensinpris*, *boendetäthetens betydelse* för val av bostadsområde samt *regler för bilavdrag* (gällande regler resp. helt slopad avdragsrätt) *utvärderas*.

Den viktigaste slutsatsen är *bilavdragens stora betydelse*. Ändringar i reglerna för dessa kan vara mer avgörande för både bosättningsmönster och arbetsresornas energianvändning än även en kraftig höjning av bensinpriset. Energiåtgången vid slopad avdragsrätt skulle kunna mer än halveras. Mekanismen bakom detta är en omflyttning så att pendlingsavstånden kan minska, en ökad bosättning i centrala tätbebyggda områden med hög arbetsplatstillgänglighet samt en minskad bilanvändning. I samspelet mellan rumslig struktur, transportkostnader och beteende finns ett stort utrymme för minskad energianvändning.

#### Långsiktiga markanvändningsalternativ för Stockholmsregionen

De fyra framtidsbilderna för Stockholmsregionen i kapitel 3 tas i detta avsnitt som utgångspunkt för inomregionala lokaliseringsanalyser. En bostadslokaliseringsmodell används för att beräkna *långsiktiga markanvändningsalternativ år 2020 på tämligen detaljerad geografisk nivå* (Stockholmsregionen uppdelad i 105 kommunalstyrelser). Information från framtidsbilderna kompletteras därvid med inomregionala förutsättningar beträffande värdering av tillgänglighet i förhållande till täthet samt beträffande arbetsplatsfördelning. Beräkningarna utgår vidare från markanvändningen 1990 enligt gällande regionplan. För att bedöma *framtidiga energianvändning för uppvärmning av bebyggelse och för arbetsresor* görs

vissa antaganden om energihushållning och avdragsregler. Energibehovet för arbetsresor beräknas schablonmässigt med hjälp av samband estimerade på basis av resultaten i kapitel 5.

I nedanstående tabell sammanfattas några av resultaten för hela regionen:

Resultat år 2020	Scenario			
	I	II	III	IV
Medelrestid till arbete (min)	35.3	35.0	36.1	37.2
Bostadsbyggande per år 1975-2020	6100	8100	8200	11100
Energiåtgång, uppvärmning (TWh)	16.3	17.4	17.3	18.6
Energiåtgång, arbetsresor (TWh)	1.3	2.7	2.8	3.0
Mht energihushållning, uppvärmning	8.2	12.2	12.1	18.6
arbetsresor	0.7	1.9	2.0	3.0

I scenario I lokaliseras 54% av bostadsbyggandet till Stockholms kommun och även arbetsplatserna antas lokaliseras "centralt och tätt". Under alternativ IV lokaliseras 38% av bostadsbyggandet till Stockholms kommun och arbetsplatserna antas omlokaliseras i riktning mot ett "periferert och glest" mönster. Den totala energiåtgången för uppvärmning varierar ca 13% mellan scenarierna. Skillnaden blir betydligt större om graden av energihushållning antas variera mellan scenarierna mot bakgrund av olika antaganden om energiprisutvecklingen. Skillnaderna är också betydligt större på kommun- och kommundelnivå på grund av att markanvändningen utvecklas olika i de fyra scenarierna. Modellresultaten indikerar vilka kommundelar som är klart intressanta för fjärrvärmeförsörjning i vart och ett av markanvändningsalternativen.

#### Pendlingsmönster och energianvändning

Energianvändningen vid arbetsresor svarar för en stor andel av den totala energiåtgången för inomregionala transporter. Det är därför viktigt att analysera hur arbetsresandet kan komma att påverkas av kollektivtrafikutbud, vägnät och framtida lokaliseringsmönster. I tidigare

avsnitt har kalkyler av energiåtgången för arbetsresor baserats på uppgifter om restider, avstånd, reskostnader m m mellan *områdespar*. Syftet med de modeller som diskuteras i detta avsnitt är att knyta analysen till en *länkbaserad representation av transportsystemet*. Detta har flera fördelar. Det är lätt att analysera konsekvenserna av nya kollektivtrafiklinjer och förändringar i vägnätet. Trängsel på vägnätets länkar kan också behandlas direkt i modellen. Detta är av intresse åtminstone i storstadsregioner och vissa medelstora städer.

En hierarki av *kombinerade modeller* som simultant klarar av att behandla olika kombinationer av lokalisering, resegenerering, resefördelning, färdmedelsfördelning och ruttval beskrivs. Tester av några av dessa modeller på Stockholmsdata håller på att utföras som ett led i ett forskningssamarbete med professor David E. Boyce, University of Illinois. Forskningssamarbetet syftar till att utveckla modeller som kan kopplas samman med våra markanvändningsmodeller, som kan prognosera energianvändningen för arbetsresor mot bakgrund av alternativa trafiknät och lokaliseringsmönster och som kan användas för att skatta makrosamband mellan strukturmått (typ tillgänglighet) och förväntat resebeteende (typ reslängd, energianvändning).

#### Utformning av regionala energisystem

I detta avsnitt antas bebyggelsens lokalisering och dess fördelning på byggnadstyper och åldersklasser vara känd för hela planeringsperioden. Dessutom förutsätts fullständig information om energisystemet vid basåret: anläggningar för produktion och distribution av ledningsbunden energi samt energiteknologier och energihushållningsnivåer i basårets bebyggelse. Vårt syfte är att utveckla metoder för *integrerad analys av energitillförsel och energisparande i ett energisystem med tämligen detaljerad geografisk representation*. Nätverk och odelbara anläggningar skall beskrivas någorlunda korrekt. Dessa krav har varit svåra att uppfylla med tidigare metodik som antingen haft sin tyngdpunkt på tillförselsidan eller användningssidan.

Inom ramen för ett forskningssamarbete med Uppdragsgruppen för Tillämpad Matematik, KTH, har ett modellsystem utvecklats bestående av två ömsesidigt beroende modellsteg. I det *regionala problemet* behandlas utformning av produktions- och distributionssystem för ledningsbunden energi mot bakgrund av given efterfrågan. På basis av priset på ledningsbunden energi löses sedan områdesvis det *lokala problemet*, som innebär val mellan olika energiteknologier (ledningsbundna, lokala) och energisparåtgärder för skilda bebyggelsetyper. Därigenom erhålls en ny uppskattning av efterfrågan på ledningsbunden energi i varje område, som matas in i regionala modellsteget osv. För att underlätta lösningsförfarandet har ett antal förenklande antaganden gjorts. Vissa testresultat från Stockholmsregionen redovisas, dels för hela modellsystemet och dels för enbart det regionala modellsteget.

#### Samordnad översiktlig planering - om välfärds-, kostnads- och energiperspektiv på planering av bostadsförsörjning och infrastruktur

I anslutning till pågående arbete med kommunprogram och kommunöversikt för Uppsala har en modellstudie över *framtida bostadslokalisering* genomförts. Förutom välfärdsegenskaper som *tillgänglighet* till arbete och service och "*småskalighet*" har seriösa försök gjorts att integrera kostnadsaspekter i den översiktliga fysiska planeringen. Modellen uppskattar *investeringskostnader* för nya *grundskolor* och ny *VA-kapacitet* på basis av prognoserad efterfrågan inom upptagningsområden för skolor och VA-system. Genom att variera prioriteringen av målkomponenterna kan bostadsförsörjningsprogram med olika välfärds- och kostnadsegenskaper beräknas. Kalkylerna kan vidare genomföras för tidsperspektiv av varierande längd.

I kapitlet beskrivs ett stort antal modellkörningar som sammantaget illustrerar målkonflikter mellan tillgänglighet, lokal miljö och investeringskostnader. Genom jämförelser mellan modellresultat och föreslagna utbyggnadsalternativ har planförslagen i viss utsträckning kunnat



utvärderas. Slutligen visas genom räkneexempel hur kort-siktiga utbyggnadsbeslut 1982-1992 inverkar på den lång-siktiga handlingsfriheten 1992-2002.

En modell för överslagsmässig beräkning av *energiåtgången för uppvärmning och inomkommunala persontransporter* i olika bebyggelsestrukturer har utvecklats som ett första steg mot integrering av energiaspekter i den översiktliga planeringen. Modellen beräknar för ett stort antal bebyggelsesegment (definierade av lokalisering, bebyggelsestyp, bebyggelsens ålder samt det befintliga uppvärmningssystemets typ och ålder) optimala val av konvertering och energisparande. Alternativen jämförs i termer av nuvärde för investeringar och energiinköp. Modellen gör det möjligt att uppskatta framtida energisparande och bränsleval med hänsyn till energipriser och kostnader för olika uppvärmningssystem. Energiåtgång för transporter beräknas schablonmässigt (på liknande sätt som i kapitel 6). Bland resultaten från modellen kan nämnas områdesvisa energitätheter samt optimal fjärrvärmeanslutning med hänsyn till fjärrvärmeföretag och kostnader för alternativa teknologier inklusive energisparande.

#### Några uppslag till fortsatt forskning

De modeller för analys av omgivningsscenarioer, bebyggelse-, transport- och energisystemen som behandlas i denna rapport kan vidareutvecklas i en rad avseenden. Modeller av enskilda delsystem kan förbättras, modeller av enskilda delsystem kan i förenklad form byggas ihop, detaljerade modeller av delsystem kan användas för att estimeras makrosamband mellan bebyggelsemönster och energianvändning som sedan kan utnyttjas i övergripande modellansatser osv. I detta avslutande kapitel av rapporten redovisas ett antal förslag till fortsatt forskning enligt bl.a. dessa riktlinjer. Förutsättningarna för en vidare spridning av systemanalytiska metoder till kommuner med begränsade utredningsresurser håller på att förbättras i och med utvecklingen på datorsidan (persondatorer, datakommunikation). Det är därför viktigt att öka metodernas tillgänglighet genom att utforma "*användarvänliga*" system för hantering av indata, modellkörningar och resultatpresentation.



1. SAMHÄLLSPLANERING OCH ENERGI -  
från forskningsprogram till forskningsstrategi

Lars Lundqvist

1.1 Forskningsprogrammet

Samhällsplaneringsgruppen har under perioden 1981-1985 genomfört en koncentrerad satsning på forskning om samband mellan översiktlig fysisk struktur och energisystem. I forskningsansökan 1981 beräknades forskningsområdet "Samhällsplanering och energi" uppta huvuddelen av gruppens resurser (se Samhällsplaneringsgruppen, 1981). Fem delprojekt formulerades, varav två avsåg deltagande i större tillämpningsinriktade forskningsprojekt. Övriga tre behandlade metodutveckling och begreppsanalys med relevans för de tillämpningsorienterade studierna. Nedan beskrivs de fem delprojekten i korthet.

Det första av de tillämpningsinriktade studierna avsåg medverkan i forskningsprojektet "Regionplanering och framtida energisystem (REGI)" vid Regionplanekontoret, Stockholms läns landsting. Syftet var att utveckla planeringsformer för storstadsregionerna som beaktar de ömsesidiga beroendena mellan regionplanering och energisystemens utformning vid alternativa framtidsbilder beträffande energipriser, regionalekonomi och befolkning. Tyngdpunkten låg på den interkommunala nivån.

Det andra tillämpningsinriktade delprojektet var "Kommunernas roll i kort- och långsiktig energihushållning" som utgjorde ett led i forskningssamarbetet inom International Energy Agency (IEA, den s.k. oljeklubben). Syftet med projektet var att kartlägga och analysera kommunernas faktiska och möjliga uppläggning av energiplanering och

energisparande. Projektet skulle speciellt belysa alternativa vägar att fånga in väsentliga systemsamband mellan energianvändningssidan och energitillförselsidan i en kommun. Bland "försökskommunerna" fanns Uppsala.

Som underlag för medverkan i ovan relaterade tillämpade delprojekt formulerades i ansökan tre systemanalytiska projekt av mera allmän karaktär. Det första av dessa avsåg metoder för utformning av regionala framtidsbilder, dvs. scenarier för befolkning, sysselsättning, produktion och konsumtion i en viss region med utgångspunkt från energiekonomiska förutsättningar på global och nationell nivå.

För det andra underströks behovet av grundläggande forskning om systemanalytiska angreppssätt inom den kommunala energiplaneringen. Avvägningen mellan investeringar i energitillförsel och energisparande, analys av "låsningar över tiden", behandling av osäkerhet samt studier av målkonflikter mellan energiplanering och övrig översiktlig samhällsplanering nämndes som exempel på problem som kan belysas med systemanalytiska ansatser.

Slutligen formulerades ett delprojekt med uppgiften att analysera nyckelbegrepp inom strategiskt orienterad samhällsplanering: sårbarhet, robusthet, flexibilitet, adaptivitet och handlingsfrihet. Den gemensamma bakgrunden till dessa begrepp är förekomsten av osäkerhet och en strävan att finna vägar att hantera denna osäkerhet.

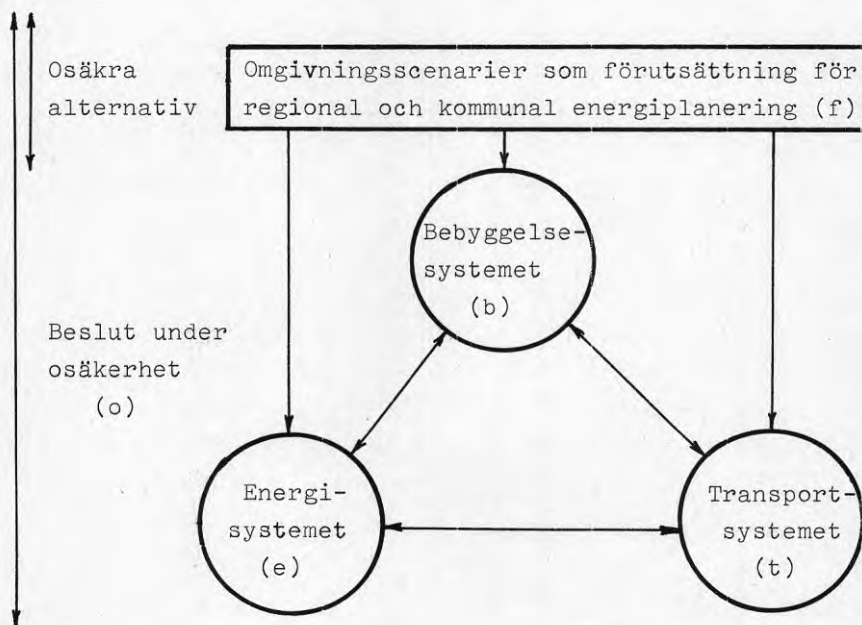
Forskningsprogrammet, som förutom ovan skisserade delprojekt även omfattade långsiktig kunskapsupbyggnad om bebyggelse- och transportsystem på olika geografiska nivåer, utgick från en systemsyn på kommunal planering. Denna låg till grund för den forskningsstrategi som vi under arbetets gång har utvecklat för att åstadkomma gemensam slagkraft i forskningen om "samhällsplanering och energi". En sådan strategi kan i bästa fall bidra till att hålla samman de olika delprojekten, att utnyttja kunskaper från ett delprojekt i de övriga, att identifiera skilda möjligheter till integrerad behandling av delsystem samt att dra nytta

av den senaste forskningen om relevanta delar av problemkomplexet "energi och samhälle".

### 1.2 En forskningsstrategi

Vi söker ett sätt att ordna forskningsprogrammets delar som dels medför en uppdelning i väl avgränsade och forskningsbara delsystem och dels skapar en helhetsbild som är relevant för kommunal och regional energiplanering. Figur 1.1 visar ett sådant förslag som är förenligt med Samhällsplaneringsgruppens långsiktiga strategi att utforska "hållbara" systemsamband inom översiktlig samhällsplanering.

Figuren representerar i stora drag det modellsystem som utvecklats inom REGI-projektet och det arbetssätt som kännetecknat kommunprogramarbetet i Uppsala. Vårt delprojekt om regionala framtidsbilder omfattar delar av det som i



Figur 1.1: Ett sätt att strukturera forskning om samhällsplanering och energi

figuren betecknas som omgivningsscenarier (f). Delprojektet om systemanalytiska angreppssätt behandlar bebyggelsesystemet (b), transportsystemet (t), energisystemet (e) samt samband mellan dessa och mellan b-, t- och e-systemen och omgivningen. I figuren har slutligen markerats att huvuddelen av osäkerheten vid energiplanering på kommunal och regional nivå hänförs till globala och nationella förutsättningar (energipriser, ekonomisk utveckling, teknisk utveckling, samhällsorganisation, värderingar, livsstilar etc.). Vårt delprojekt om hantering av osäkerhet (o) inom energiområdet är av principiell karaktär och berör både nationell och lokal energiplanering.

Vi skall som en inledning till rapportens övriga kapitel kort redogöra för hur dessa relaterar till helhetsbilden i figur 1.1.

Kapitel 2 behandlar hantering av osäkerhet på både individuell och kollektiv nivå (o). Förutom val mellan osäkra alternativ diskuteras principer för utformning av handlingsalternativ under osäkerhet samt institutionella former för hantering av osäkerhet. Analysen har direkt eller indirekt relevans för flertalet av rapportens övriga kapitel, t.ex. diskussionen av beslutsanalys och marknadslösningar.

Kapitel 3 redovisar metodik för utformning av regionala framtidsbilder (f) mot bakgrund av globala och nationella energiekonomiska förutsättningar. Framtidsbilderna innehåller information om priser, inkomster, sysselsättning etc. som är användbara för regional och kommunal energiplanering. En direkt koppling finns till lokaliseringsanalysen i kapitel 6.

Kapitel 4 är en översikt av internationell litteratur om samband mellan fysisk struktur och energianvändning för persontransporter. Såväl empiriska skattningar av samband mellan mått på markanvändning och transportenergi som utvärdering av transportenergiåtgång i olika stadsstrukturer och optimering av markanvändning med hänsyn till transport-

energi behandlas, dvs. samband mellan b-systemet, t-systemet och vissa aspekter av e-systemet.

Kapitel 5 redovisar, mot bakgrund av litteraturoversikten i kapitel 4, beräkningar med en välfärdsmaximerande bostadslokaliseringsmodell. Energikostnaderna utgör en del av transportkostnaderna som tillsammans med människors värdering av bebyggelsetäthet påverkar valet av bostad och resebeteende (reslängd, färdmedelsval). Modellen används för att illustrera effekterna av alternativa energiprisantaganden och avdragsregler på bostadslokalisering, resmönster och energiåtgång för arbetsresor i Stockholmsregionen år 1990. Vissa resultat beträffande samband mellan energiåtgång för arbetsresor och bostadslokalisering utnyttjas i kapitel 6. Modellen är ett exempel på integrerad behandling av b- och t-systemen (antaganden om e-systemet).

Kapitel 6 beskriver en modellansats för översiktlig analys av bebyggelselokalisering (b-systemet) och energianvändning på lång sikt. Modellen används för att, på basis av regionscenarierna från kapitel 3, generera långsiktiga markanvändningsalternativ för Stockholmsregionen år 2020. Dessa lokaliseringsmönster utvärderas översiktligt i termer av energianvändning för uppvärmning av bostäder och arbetsplatser samt energiåtgång för arbetsresor.

Kapitel 7 redovisar ett pågående forskningssamarbete som syftar till att ta fram avancerade trafikprognosmodeller som bygger på en detaljerad beskrivning av trafiknätet i form av noder och länkar. Analysen av t-systemet kan därmed på en gång göras både detaljerad och simultan (dvs. den traditionella uppdelningen i sekventiella prognossteg undviks). Beräkningar av energiåtgång för arbetsresor kan beakta trängseleffekter i vägnätet. Tester på detaljerade nät från Stockholmsregionen pågår.

Kapitel 8 redovisar ett forskningssamarbete som syftade till att utveckla en integrerad analys av energitillförsel och energianvändning (e-systemet) i en region. Speciell vikt lades vid en explicit och detaljerad representation



av odelbara anläggningar, ledningsnät och bebyggelsens geografiska fördelning. Ett modellsystem bestående av två ömsesidigt beroende nivåer (regional resp. lokal) har utformats för analys av produktion/distribution av fjärrvärme (regionala problemet) respektive val mellan tillförselalternativ och energisparande (lokala problemet). Preliminära kalkyler redovisas för delar av Stockholmsregionen.

Kapitel 9 beskriver utvecklingen av en modell för bostadslokalisering med hänsyn till välfärds- och kostnadskriterier. Modellen har utformats i anslutning till arbetet på ett kommunprogram för Uppsala. Förutom de välfärdskomponenter som berörts ovan (restid, bebyggelsestäthet) beaktas även kostnader för VA-försörjning och grundskolor vid lokaliseringen av bostäderna. Inverkan av kortsiktiga bostadsbyggnadsprogram på den långsiktiga handlingsfriheten illustreras. Vissa långsiktiga bebyggelsestrukturer utvärderas ur energisynpunkt med hjälp av en speciellt utvecklad modell som för ett mycket stort antal bebyggelsesegment väljer optimala kombinationer av uppvärmningsteknologi och energisparande. Modellen liknar lokala delen av systemet i kapitel 8.

Kapitel 10 slutligen summerar ett antal uppslag till fortsatt forskning som framkommit i de olika kapitlen. Dessa berör dels förbättringar i analysen av enskilda delsystem men framför allt möjligheter att integrera behandlingen av delsystemen.

Vår forskningsstrategi går ut på att successivt och systematiskt utveckla delmodeller för omgivningsscenarier, bebyggelse-, transport- och energisystemen som

- passar ihop med varandra,
- i förenklad form kan byggas ihop,
- kan utnyttjas för att hitta genvägar att ta hänsyn till detaljerad information i övergripande systemmodeller, samt
- kan användas för att illustrera aspekter av sårbarhet och handlingsfrihet.



I denna rapport ger vi exempel på samtliga dessa möjligheter samt visar hur ytterligare steg kan tas i riktning mot en integrerad systemanalys.

### 1.3 Litteratur

Samhällsplaneringsgruppen, 1981, Systemanalytiska metoder i samhällsplaneringen - med särskild inriktning på samband mellan samhällsplanering och energi, forskningsprogram 810701-840630, Matematiska institutionen, KTH.



## 2. SÅRBARHET OCH HANDLINGSFRIHET INOM ENERGIOMRÅDET

Erik Anders Eriksson

Förutsättningarna för både energiomvandling och energianvändning bestäms i betydande grad av dyrt och långlivat realkapital - ett exempel av särskild relevans för denna rapport är den byggda miljön. Särskilt om hänsyn tas till tidsåtgången för forsknings- och utvecklingsarbete, och till etablerade synsätts och tankemönsters livskraft, inser man att ledtiderna för förändringar är långa, samtidigt som effekterna av förändringar sträcker sig långt in i en oviss framtid. Av dessa skäl är det högst angeläget att explicit beakta osäkerhet vid energibeslut - osäkerhet om framtida prisrelationer, kvantitetsrestriktioner, teknisk utveckling, miljö- och hälsoeffekter och, inte minst, värderingar. I energidebatten manifesterar sig intresset för osäkerhet framförallt som rädsla för s k sårbarhet och som uttalat intresse för att bibehålla handlingsfrihet.

Medan handlingsfrihet kommer att behandlas i det följande som en viktig princip, bland flera, för att hantera osäkerhet, är sårbarhet ett mer svåranalyserat begrepp. I olika sammanhang har försök gjorts att karakterisera sårbarhet.<sup>1</sup> Man finner typiskt i sådana sammanhang dels att alla system går att skada (dvs är sårbara?), dels att olika system skadas olika mycket av olika störningar. Här skall inga ytterligare definitionsförsök göras, i stället vill jag försöka att fokusera på den "intressanta" sårbarheten. Utgångspunkten är därvid följande. Under osäkerhet riskerar man alltid att drabbas av ogynnsamma utfall. När

så sker är det naturligt att efterklokt beklaga att inte större hänsyn togs till detta, inträffade, tillstånd i tidigare skeden. Emellertid kan det senare förverkligade tillståndet tidigare på - då - goda grunder ha bedömts som ytterst osannolikt. Och det är förstas tämligen ointressant att först efter att man sett hur det gick kunna säga om man fattat ett bra beslut, i varje fall för praktiska syften. Ett praktiskt användbart godhetsbegrepp för beslut under osäkerhet måste därför avse processens kvalitet snarare än resultatets. Därmed får man acceptera att ett bra beslut kan få dåliga konsekvenser - och omvänt.<sup>2</sup>

Konsekvensen för sårbarhetsdebatten av ett processorienterat besluts kvalitetsbegrepp blir naturligen att man inriktar sitt intresse på den sårbarhet som är en följd av "dåligt" fattade beslut, den sårbarhet som "egentligen" inte borde finnas. Därmed har man tyvärr inte kommit särskilt långt - det är förstas ingen lätt uppgift att avgöra om ett visst beslut fattats på ett bra sätt eller inte. I själva verket är det ofta svårt att se att strategiska beslut på samhällelig nivå överhuvudtaget fattas. I stället synes de växa fram genom successiva och ganska omärkliga ställningstaganden och interaktion i politiska församlingar, beslutshierarkier och på marknader. Därför bör den i avsnitt 2.1 presenterade traditionella beslutsanalysen som intresserar sig för hur väl en enskild beslutsfattare utnyttjar sin tillgängliga kunskap kompletteras med en analys av hur väl man inom olika institutionella former för interaktion förmår sprida relevant kunskap till inblandade parter, få kunskapen utnyttjad i beslutsprocessen samt avväga parternas intressen mot varandra.

Det under senare år livaktiga begreppsligt och empiriskt orienterade forskningsområdet kunskapsanvändning är naturligtvis av stor betydelse i detta sammanhang.<sup>3</sup> Här finns dock inte utrymme att gå närmare in på detta. Däremot behandlas, i avsnitt 2.2, marknadslösningars

möjligheter och begränsningar i dessa avseenden.

Medan avsnitten 2.1 och 2.2 kan sägas avse val mellan handlingsalternativ behandlas i 2.3 och 2.4 utformningen av sådana alternativ - i 2.3 på principiell nivå, i 2.4 på en mer konkret och exemplifierande.

## 2.1 Individuellt handlande under osäkerhet

I detta avsnitt identifieras först några klassificeringar av osäkerhet som bedöms vara av intresse för fortsättningen. Därefter presenteras några kriterier för beslutsfattande under osäkerhet, och slutligen relateras dessa till faktiskt och rekommendabelt beteende under olika slag av osäkerhet.

### 2.1.1 Indelningar av osäkerhet

I planeringsteoretisk litteratur finns en uppsjö av olika indelningar av osäkerhet.<sup>4</sup> Av dessa är följande två av särskilt intresse här.

- Specificerad och ospecificerad (genuin) osäkerhet. Den ospecificerade osäkerheten består av sådana utfall som ej förutsetts i analysen. Därav inser man att den ospecificerade osäkerheten kan minskas genom mer omsorgsfull analys. För långsiktiga problem måste man ändå alltid räkna med en betydande återstående ospecificerad osäkerhet. Exempelvis produktinnovationer (som miniräknaren), liksom sådana händelser som den iranska islamiska revolutionen är notoriskt svåra att förutse långt i förväg.
- Antagonistisk (strategisk) och stokastisk (slumpmässig) osäkerhet. Antagonistisk osäkerhet härrör från en medveten motspelare med viss förhandskunskap om och/eller förmåga att observera "vår" beslutsfattares agerande - samt anledning att bry sig om detta.

Några ytterligare indelningar kommer att beröras i det följande.

### 2.1.2\_Beslutskriterier\_under\_osäkerhet

En känd klass av kriterier för beslut under osäkerhet är maximin-kriteriet och dess släktingar (exempelvis minimax regret). Maximin-kriteriet går ut på att man bör välja det handlingsalternativ (den aktion) som för det (för alternativet i fråga) värsta beaktade utfallet (tillståndet) leder till den minst dåliga konsekvensen.

Maximin-kriteriet kan sägas vara synnerligen pessimistiskt, ensidigt inriktat som det är på värsta fallet. Laplace-kriteriet behandlar alla beaktade utfall lika genom att rangordna handlingsalternativ efter deras genomsnittliga konsekvenser över utfallen.

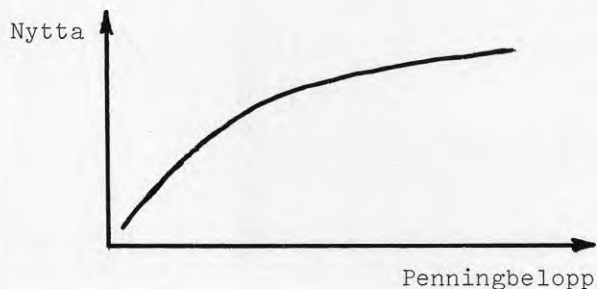
Laplace-kriteriet svarar mot förväntad ("genomsnittlig") konsekvens om alla utfall betraktas som lika sannolika.<sup>5</sup> Detta kan vara ett rimligt antagande om man anser sig besitta extremt liten information om framtiden. I allmänhet kan jag inte se några skäl till att man inte skulle tillåta sig att bilda förväntad konsekvens även med avseende på andra sannolikhetsfördelningar över utfall än den likformiga. Ett problem som blir tydligt därvidlag (men som egentligen finns även för Laplace-kriteriet när utfallet specificeras) är det subjektiva inslaget i valet av sådan sannolikhetsfördelning. I traditionell klassisk-frekventistisk sannolikhetssteori tänker man sig sannolikheten för ett utfall som andelen gånger som utfallet i fråga inträffar då det aktuella "slumpförsöket" upprepas ett stort antal gånger. Det är inte särskilt meningsfullt att tänka sig sannolikheter av detta slag för t.ex. prisrelationerna mellan olika energibärare år 1995, men jag vill ändå hävda att det är naturligt att tänka på dessa i något slags sannolikheterstermer. Däremot måste man - enligt min uppfattning - tänka sig dessa sannolikheter som olika för olika personer (motsatsen antas vanligen i ekonomisk teori, se avsnitt 2.2 nedan), och något "naturligt" sätt att aggregera flera personers subjektiva sannolikheter till en "gruppsannolikhetsfördelning" finns oftast inte heller.<sup>6</sup>



Ytterligare ett problem för de "förväntade konsekvens"-kriterierna, jämfört med maximin, är mätningen av konsekvenserna. För maximin-kriteriet räcker det ju att man kan rangordna alternativen i godhetsordning. Men vill man bilda väntevärden blir det svårare:

Om vi antar att konsekvenserna kan mätas i kronor och ören framstår det kanske i förstone som naturligt att helt enkelt värdera alternativ efter sina förväntade intäkter (eller förluster). Men är verkligen ett lotteri med 50% chans för en vinst på 1000 kkr och 50% chans för en förlust på 950 kkr likvärdigt med att säkert få den förväntade vinsten 50 kkr? Om folk verkligen handlade efter detta, det (subjektivt) förväntade värde-kriteriet, skulle försäkring t.ex. bli något obegripligt; där lär man få räkna med att betala dels det förväntade värdet av skadan, dels försäkringsbolagets administration, vinst etc.

Observationer som denna har lett till det (subjektivt) förväntade nytto-kriteriet (som föregreps redan på 1700-talet av Daniel Bernoulli). Poängen här är att man i stället för värden mätta i pengar, fysiska kvantiteter av varor etc. arbetar med en nyttofunktion. För att förklara att en beslutsfattare är villig att försäkra sig får man anta att han är riskaversiv, dvs har en konkav nyttofunktion för pengar enligt figur 2.1.



Figur 2.1: Nyttofunktion för riskaversiv beslutsfattare

Innebörden av en sådan nyttofunktion är att ett marginellt penningtillskott på t.ex. 10 kr blir mindre värt ju större initialförmögenhet man har, samt att man alltid föredrar den förväntade avkastningen av ett lotteri med två eller flera möjliga utfall säkert, framför lotteriet. Trots att köp av t.ex. vanliga penninglotterier då blir en anomali, antas vanligen att normala beslutsfattare är riskaversiva. Skälen för detta är enligt min uppfattning goda, bl.a. blir en konsekvent "riskälskare" med stor sannolikhet ruinerad vid upprepade lotterier. Vissa aspekter på riskälskande beteende inför stora möjliga förluster behandlas dock nedan i avsnitt 2.3.2.2. Att ett försäkringsbolag kan vara berett att agera enligt förväntade värdekriteriet (dvs. riskneutralt) kan förklaras med att de risker man försäkrar är så små relativt bolagets förmögenhet, att försäkringsbolagets (konkava) nyttofunktion approximeras väl av en rät linje i det aktuella området, och en linjär nyttofunktion svarar precis mot riskneutralitet.

Vad avser teorier för mänskligt beteende i allmänhet är det av största vikt att skilja mellan positiva (beskrivande, uttalande sig om hur människor faktiskt handlar) och normativa (föreskrivande, uttalande sig om hur människor bör handla) sådana. När det gäller kriterier för beslut under osäkerhet är det subjektivt förväntade nytto-kriteriet det inom vetenskapen mest använda och omdebatterade - både som positiv och normativ teori.

Inom ekonomisk teori används kriteriet positivt, som beskrivning av det rationella beteende under osäkerhet som ekonomins aktörer förutsätts ha. Ofta tillåts dock nyttan här bero av en stor mängd variabler, varav somliga ej observerbara. Den teori om individuellt beteende under osäkerhet som sålunda uppstår kommer därmed att mer eller mindre sakna empiriskt innehåll - folk gör vad de gör, och detta stämmer alltid med teorin. Det kan låta - och är möjligen - befängt, men kan försvaras med att man egentligen inte försöker beskriva enskilt beteende, utan marknader.<sup>7</sup>

### 2.1.3 Beslutsanalys

För den tradition som går under benämningen beslutsanalys är subjektivt förväntade nytto-kriteriet främst en normativ teori. Man är ute efter att förbättra beslutsfattande under osäkerhet, och kan bl.a. stödja sig på belägg från experimentell psykologi för att behovet av sådana förbättringar är stort. Denna slutsats bygger huvudsakligen på studier av människors förmåga att hantera sannolikheter (bl.a. - men inte enbart - små sådana) i praktiska situationer, och förutsätter därför i och för sig inte förväntade nytto-kriteriet.<sup>8</sup>

Däremot måste naturligtvis valet av detta kriterium som norm motiveras på något sätt. En tilltalande metod för detta vore att påvisa att människor i mycket enkla osäkra beslutssituationer, så enkla att ovannämnda svårigheter att hantera sannolikheter kan anses betydelselösa, agerar enligt kriteriet. Tyvärr har motexempel mot detta påvisats.<sup>9</sup> Majoriteten bland beslutsanalytiker vidhåller ändå det subjektivt förväntade nyttokriteriet, somliga med motiveringen att de teoretiska argumenten för det är så övertygande att allt agerande i strid med kriteriet måste anses som irrationellt; eftersom mänskliga beslutsfattare har svårt att agera rationellt, bör det intuitiva beslutsfattandet ersättas med ett formaliserat, baserat på beslutsanalys. Andra, mer pragmatiska beslutsanalytiker, accepterar att grundvalen för deras verksamhet inte är helt solid - men, vilken praktisk verksamhet har en helt solid grundval? Beslutsanalys kan ändå spela en viktig roll som komplement till intuitivt beslutsfattande, utan ambition att ersätta det. För en sådan beslutsanalys blir det naturligt att inrikta sig på känslighetsanalyser och resultatens robusthet, och att försöka ge beslutsfattare möjlighet att experimentera, exempelvis med olika sannolikhetsfördelningar.

I svensk framtidsdebatt finns en tendens att anse att s.k. "bred" eller kvalitativ osäkerhet - t.ex. osäkerhet om samhällsutvecklingens grunddrag - inte lämpar sig att

behandla med sannolikhetsmetoder. Analysen bör inriktas på att specificera ett antal möjliga framtider (scenarier), för att påvisa tillgänglig handlingsfrihet.<sup>10</sup> Detta är gott och väl, men hindrar oss inte från att anse dessa alternativa framtida tillstånd som mer eller mindre sannolika. Från denna typ av bedömningar till att explicit åsätta tillstånden subjektiva sannolikheter t.ex. inför ett kommunalt beslut om utbyggnad av fjärrvärme, är steget - i varje fall principiellt - inte särskilt långt. Däremot kan naturligtvis olika bedömares sannolikheter skilja sig högst väsentligt.

Det skulle kunna anmärkas att scenarierna endast utgör exemplifieringar, godtyckligt utvalda bland ett kontinuum av möjligheter - ospecificerad osäkerhet föreligger alltså. Detta är emellertid ingen allvarlig invändning i den mån de utvalda scenarierna är representativa för hela kontinuet, dvs. när andra möjliga framtider, i någon mening, ligger nära de beaktade. Det är en naturlig analysekonomisk princip att inte specificera många, likartade fall.

Den allvarliga ospecificerade osäkerheten är av annat slag. Den består av möjligheter som ligger långt ifrån de beaktade. Existensen av denna viktiga typ av osäkerhet gör att man alltid måste vara beredd att reagera på överraskningar - ett viktigt kvalitetskrav på alla slags organisationer. Dessutom gör den att handlingsfrihets- och det förväntade nytto-tänkandet bör kompletteras med ett visst mått av maximintänkande. Detta av följande skäl.

Notera först att vad som är ospecificerad osäkerhet i viss mån beror av detaljeringsgraden och typen av den valda beskrivningen. Beskrivs t.ex. oljepriset som en kontinuerlig stokastisk variabel finns formellt sett inget utrymme för ospecificerad osäkerhet i den variabeln. Däremot kommer vad som med en detaljerad beskrivning vore ospecificerad osäkerhet att avspeglas i sannolikhetsfördelningen för variabeln. I det anförda exemplet finns inga vinster för analysen av att på detta vis

byta betraktelsesätt; bytet är bara ett formellt knep. Men betrakta istället följande exempel. I säkerhetsarbetet för ett komplicerat tekniskt system som en fissionsreaktor är ospecificerad osäkerhet i form av ej beaktade händelsekedjor som kan orsaka fel oundviklig. Helt bortsett från svårigheten att värdera konsekvenserna av sådana fel, kommer den ospecificerade osäkerheten att göra meningsfulla förväntade nyttojämförelser svåra eller t.o.m. omöjliga. För t.ex. en fissionsreaktor kan det dock på fysikaliska grunder vara möjligt att ange vilka allvarliga sluthändelser som är möjliga (härdsmlta, ångexplosion etc.). Ett maximinorienterat synsätt innebär då att man koncentrerar sig på att jämföra hur allvarliga olika möjliga allvarliga sluthändelser är. Säkerhetsarbetet inriktas med detta synsätt naturligen på att mildra konsekvenserna av allvarliga händelser, eller kanske på att genom olika förändringar omöjliggöra vissa av dem.

Allmänt sett kan naturligtvis ospecificerad osäkerhet yttra sig som glada överraskningar lika väl som tråkiga. Är man riskaversiv kommer dock nyttoförlusterna p g a oförutsedda negativa möjliga händelser att vara betydligt större än nyttovinster p g a likaledes oförutsedda positiva möjliga händelser, så länge som felbedömningarna är någotsånär symmetriska omkring utfallets väntevärde.

## 2.2 Kollektivt handlande under osäkerhet - goda jämvikter kontra marknadsimperfektioner

Tonvikten ligger i detta avsnitt på en diskussion om oreglerade marknadens förmåga att hantera osäkerhet effektivt. Marknadslösningar genom handel i aktier, försäkringar, framtida kvantiteter av olika energibärare osv. när det gäller osäkerhet på energiområdet framhålls f.n. sällan i den svenska debatten, men måhända kommer en allmänt ökande tilltro till marknader att leda till större intresse för sådana, åtminstone på kort sikt. Ett flertal skäl för skepsis mot marknadslösningar just i situationer avseende strategiska beslut under osäkerhet kommer här att redovisas.



### 2.2.1 Marknader - möjligheter och begränsningar

När det gäller olika interaktionsformers förmåga att tillgodose inblandade parter intressen finns en synnerligen rikhaltig litteratur inom en mängd vetenskapliga områden. Inom ekonomisk teori studeras marknadsinteraktion, framförallt med avseende på existens och entydighet av jämvikt. I standardbetonade ekonomiska modeller har (de entydiga) jämvikterna också typiskt den tilltalande välfärdsteoretiska egenskapen Pareto-effektivitet. Det vill säga, givet en viss fördelning av initialförmögenheten, innebär varje omfördelning i förhållande till jämviktssläget att åtminstone någon får det sämre.

Även om de antaganden som behövs för att härleda denna typ av resultat kan synas orealistiska eller åtminstone av starkt begränsad giltighet<sup>1</sup>, får ändå de praktiska erfarenheter som finns från olika ekonomiska system anses tala för att marknadsinteraktion ("den osynliga handen") mycket ofta är överlägsen andra metoder för resursallokering i (Pareto-)effektivitetsmening, och även förenlig med en hög grad av rättvisa och jämlikhet.<sup>2</sup>

När det gäller marknadsjämvikt under osäkerhet finns en synnerlig produktiv forskningstradition utgående från bl.a. Arrow och Debreu. Även i dessa modeller går det - givetvis - att göra antaganden så att Pareto-effektiva jämvikter existerar. Av flera skäl tror jag dock att - den i många sammanhang vettiga - idén om den goda marknadsjämvikten just inför strategiska- dvs. långsiktiga - beslut i osäkra situationer ofta kommer till korta.

- I marknadsjämviktsmodeller med osäkerhet antas existensen av en rik flora av marknader som det är svårt att hitta - eller ens tänka sig - motsvarigheter till bland de verkliga marknader där man "handlar i osäkerhet" dvs. aktiebörser, försäkringsmarknader, marknader för terminsaffärer i olika varor etc.



Mot denna punkt kan invändas att ekonomisk analys visat sig, eller påstås, vara användbar även när det gäller s.k. implicita kontrakt (vad någon kallat "osynliga handslag") som inte kräver någon fysiskt existerande marknad. Även om detta säkert är en fruktbar tanke finns det dock anledning till försiktighet eftersom detta är ett sätt att tunna ut den ekonomiska teorins empiriska innehåll, och därmed göra den oåtkomlig för en empirisk vederläggning.

- Vidare antas marknadens aktörer agera enligt hypotesen om maximering av förväntad nytta.

Denna hypotes har diskuterats i avsnitt 2.1; här skall bara sägas att det finns starka belägg för att verkliga beslutsfattare knappast beskrivs väl av denna eller någon annan föreslagen teori för "rationellt beslutsfattande" under osäkerhet.

- Det antagande om att alla aktörer har perfekt information, som brukar göras i ekonomisk teori, motsvaras i osäkra sammanhang av antagandet att alla aktörer har samma sannolikhetsfördelning över framtida tillstånd (vilken sannolikhetsfördelning då får antas svara mot den vid resp. tidpunkt bästa tillgängliga kunskapen om framtiden).

Den typ av rationalitetsantaganden som föregående två punkter är exempel på brukar motiveras dels med att aktörer lär sig att bli "rationella" av sina misstag, dels med att relativt få "rationella" aktörer räcker till för att göra hela marknaden rationell. Följande är ett enkelt exempel på hur det sistnämnda kan gå till. Antag att på marknaden finns dels irrationella aktörer som är bergfast övertygade - bortom all inläring - att sannolikheten för klave vid slantsingling är två tredjedelar, dels rationella aktörer som tror (vet) att sannolikheten bara är en halv (vi förutsätter korrekta mynt). Om aktörerna är riskneutrala (se ovan) dvs. bedömer ett lotteri endast efter dess förväntade avkastning, kommer en irrationell aktör att acceptera ett vad som ger honom

en krona vid klave och motspelaren två kronor vid krona. Den rationelle aktören ser i detta vad en förväntad vinst på 50 öre. Om vi nu, som brukligt är, antar att de rationella aktörerna inte kan bilda en kartell, kommer någon rationell aktör att bjuda över sina kollegor, och därmed få alla irrationella att slå vad med honom, men på ett sätt som ändå ger honom vinst - säg att han erbjuder den irrationelle motspelaren 1.10 för klave mot 2 för krona. Den irrationelle anser sig göra vinst på vadet. Men då kan en annan rationell aktör erbjuda 1.20 mot 2, och därmed ta över all vadslagning, osv. Processen stannar inte förrän vid rättvist spel - säg 2 mot 2. Man säger att marknaden har disciplinerat de irrationella - de tror fortfarande att sannolikheten för klave är  $2/3$ , men handlar som om den vore  $1/2$  ! Och de rationella aktörerna gör inte längre någon profit.

Nu är det så, att för att det skall vara möjligt med inlärning eller marknadsdisciplinering ställs krav som knappast uppfylls av situationen strategiska - och därmed långsiktiga - beslut under osäkerhet, exempelvis investeringsbeslut. Själva långsiktigheten och den låga graden av upprepning begränsar starkt möjligheterna till inlärning, och finns det överhuvudtaget några aktörer av överlägsen rationalitet hämmas deras disciplinerande förmåga av t.ex. sådana faktorer som begränsad tillgång till kapital och svårigheten för i och för sig överlägsen teknik att inträda på marknader där etablerade konkurren-terers felinvesteringar utgör sjunkna kostnader (eftersom man normalt bara kan återfå en bråkdel av investeringskostnaden om man försöker "sönderdela" investeringen i sina beståndsdelar), och dessa därför är nöjda med att täcka sina rörliga kostnader.

- Det är typiskt att strategiska beslut under osäkerhet är förenade med externaliteter - även andra än de som fattar beslutet får åtnjuta och/eller lida av dess verkningar (positiva resp. negativa externaliteter).
- Hantering av osäkerhet är ibland förenad med

stordriftsfördelar eller odelbarheter.

Sett från ett ortodoxt marknadsperspektiv är externaliteter och stordriftsfördelar problem som uppstår när höga transaktionskostnader (t.ex. för att samordna de många grannarna till en luftförorenande industri) hindrar de berörda aktörerna från att sluta sig samman för att agera på marknaden genom att erbjuda ersättning om en negativ externalitet minskas i omfattning, eller en positiv ökas resp. för att tillvarata tillgängliga stordriftsfördelar.

Inom den ekonomiska Chicagoskolan argumenteras mot denna bakgrund för att samhällsingripanden, som t.ex. lagstiftning, tillgrips och bör tillgripas just i sådana situationer med höga transaktionskostnader, och då för att förverkliga det tillstånd som skulle uppstått som marknadsjämvikt om inte transaktionskostnaderna funnes.<sup>3</sup> Som moralfilosofiskt ställningstagande är detta extremt: ett underordnande av rättvisan under Pareto-effektiviteten. Ett speciellt problem i detta sammanhang utgör också framtida generationer, som inte agerar på dagens marknader, men ändå påverkas av vad som sker där.

Men även om vi förutsätter att rättviseproblemet hanteras på annat sätt, så är det synnerligen tvivelaktigt om denna tanke är till någon praktisk hjälp; för detta krävs ju då information om vad folk verkligen tycker det vore värt t.ex. att slippa en viss förorening eller ha ett försvar av viss storlek.

Ett sätt att försöka få information enligt ovan - från nu levande - vore förstås att fråga de berörda - i val eller genom opinionsundersökning - om deras värdering av minskade föroreningar etc. Om denna fråga ställs utan kostnadsansvar finns naturligtvis anledning för de tillfrågade att överdriva sina svar - i varje fall enligt i ekonomisk teori övliga rationalitetsantaganden, och utan hänsyn till det allmänna värdet av att tala sanning (bortsett från moralfilosofiska överväganden beror detta värde på vårt behov av att kunna lita på vad andra säger

- om vi själva ljuger börjar kanske andra att göra det också). Måste vi, å andra sidan, vara beredda att faktiskt betala enligt uppgiven värdering, torde vi istället under-skatta värdet och hoppas på att andra inblandade skall betala litet av "vår del" också - ånyo givet normala rationalitetsantaganden, ånyo utan hänsyn till värdet av att tala sanning.

Sistnämnda problem - det s.k. fripassagerarproblemet för kollektiva varor - har på senare år uppmärksammats mycket i ekonomisk-teoretisk forskning. Det visar sig faktiskt finnas s.k. incitamentskorrekta procedurer, där teorins rationella aktörer föredrar att uppge sina verkliga värderingar i alla lägen, varigenom kollektivt önskvärda investeringsbeslut möjliggörs. (Det förutsätts att grupper av aktörer inte samarbetar i "anbudskar-teller".) Dessa procedurer bygger dock på att aktörerna normalt inte betalar så mycket som de sagt sig uppskatta värdet av investeringen till. Härav följer att dessa procedurer också förutsätter något slags skatt för att fungera, och därigenom något slags central instans - t.ex. ett parlament - som beslutar om denna skatt.

Fripassagerarproblemet kan åtminstone ibland ses som en variant av en klassisk motsättning mellan individuell och kollektiv rationalitet som brukar kallas fångarnas dilemma: Om alla aktörer samarbetar (betalar sin rättvisa andel av kollektiva nyttigheter) nås samhällsekonomisk effektivitet och maximal kollektiv välfärd att fördela bland samhällsmedlemmarna. Genom att inte sam-arbeta (utnyttja gemensamma resurser mer än de betalar för) kan någon eller några få det bättre än vid sam-arbete, samtidigt som de andra naturligtvis får det sämre. Fångarnas dilemma föreligger när de samarbetande får det så mycket sämre att de vinner på (det är indi-viduellt rationellt) att inte längre samarbeta - med resultat att inget samarbete sker (den gemensamma resur-sen anskaffas inte). Dilemmat kan upplösas genom att man inför något slags samhällelig sanktion - exempelvis mo-ralisk - för dem som inte samarbetar.

### 2.2.2 Fria marknader kontra offentliga ingripanden

Via skatter och samhällseliga sanktioner har vi kommit in på typer av interaktion som inte brukar räknas som marknader. Sådan interaktion studeras inom nästan all human- och samhällsvetenskap från olika utgångspunkter. Under de senaste decennierna har emellertid en del ekonomer med utgångspunkt i Chicagoskolan à la Stigler gjort anspråk på att mikroekonomisk marknadsjämviktsteori vore en lämplig utgångspunkt för studiet av snart sagt all mänsklig interaktion. Även om en del intressanta insikter vunnits och nya säkert tillkommer, så framstår ändå med vidlyftig apparat härledda banaliteter som väl så typiska för detta forskningsprogram.<sup>4</sup> Jag tror att de bidrag som omvänt andra human- och samhällsvetenskaper har att ge ekonomin nu och framgent är av mycket större betydelse än ekonomins potentiella bidrag till dessa - även om exempelvis marknadsmekanismer kan användas för att i någon mening härleda maktstrukturer tror jag att maktstrukturernas inverkan på marknadsmekanismer via lagstiftning och sociala normer är viktigare.

Viktigare än den mikroteoretiska marknadsjämviktsmodellens erövringståg mot andra vetenskapliga discipliner är dock, tror jag, den renässans för tron på den oreglerade marknaden som den nästan alltid bästa formen för samhällselig interaktion, som de senaste åren gjort sig så märkbar i politik och allmän samhällsdebatt.

En huvudorsak till detta är utan tvivel högst reella ekonomisk-politiska svårigheter som drabbat de "keynesianska" välfärdsstaterna med sin inriktning på reglering av marknader. Viktigt är säkert också det målmedvetna arbete som nedlagts inom den ekonomiska professionen på att återupprätta tron på den goda marknadsjämvikten. Chicagoskolan med Milton Friedman som centralgestalt har här gått i spetsen när det gäller empiriskt arbete för att påvisa att olika slag av marknadsimperfektioner är mer eller mindre försumbara.



Den metodologiska doktrinen bakom detta arbete, formulerad av Friedman och inspirerad av vetenskapsfilosofen Popper, är att en hypotes korroboreras - dvs. vinner successivt i tilltro - genom att testas i s.k. experiment (i ekonomin normalt empiriska studier) och därvid visa sig ej falsifierad, dvs. ej oförenlig med experimentets utfall. Post-Popperska vetenskapsfilosofer som Kuhn och Lakatos har dock påpekat att ett enskilt experiment aldrig definitivt kan falsifiera en hypotes. Skärskådar man ett "misslyckat" experiment finns det ett antal, ofta ej uttryckligen angivna, hjälphypoteser, som kan vara ansvariga för misslyckandet. Inom vad Lakatos kallar ett vetenskapligt forskningsprogram finns sålunda en "hård kärna" (motsvarar ungefär Kuhns - alltför - flitigt brukade paradigmbegrepp) av hypoteser som inte får falsifieras, utan misslyckade experiment skylls istället på hjälphypoteser i ett s.k. "skyddande bälte" omkring kärnan. Att på detta sätt skydda hypoteser är enligt Lakatos ingalunda osunt, utan tvärtom nödvändigt för att nya idéer inte skall kvävas innan de hunnit växa till slagkraftiga alternativ. Medan vetenskaplig utveckling enligt (den tidige) Popper sker genom att hypoteser falsifieras och överges, sker den enligt Lakatos genom att ett helt forskningsprogram överges för ett som bedöms vara livskraftigare.

Få initierade torde numera stå för den Popperska "falsifikationismen" i sin ovan berörda, "naiva" version. Tror man på teorier om hårda kärnor, paradigm o.dyl., blir frågan om huruvida den goda jämvikten ingår i den neoklassiska mikroekonomins, och speciellt Chicagoskolans, hårda kärna av största betydelse. Om så är fallet, vilket jag är böjd att tro, kan det faktum att marknadsjämviktens godhet i olika sammanhang påvisas med hjälp av empiriska studier inom detta forskningsprogram knappast tillskrivas särskilt långtgående policy-betydelse (vilket naturligtvis inte hindrar att sådana studier kan ha långtgående policy-betydelse i andra avseenden).<sup>5</sup> Det relevanta för den goda marknaden är snarare inom vilka tillämpningsområden som detta forskningsprogram framstår som livskraftigt jämfört med alternativen.



Med tanke på den höga status som matematiken åtnjuter bland ekonomer idag, har säkert också det faktum att den vedertagna jämviktsteorin låter sig matematisera på ett synnerligen estetiskt tilltalande sätt haft sin betydelse för den goda jämviktens renässans. Detta särskilt som motsvarande matematiskt eleganta behandling av problemet kollektiva beslut ofta leder till omöjlighetsresultat,<sup>6</sup> och trots att en ledande företrädare för modern, matematiserad, jämviktsteori som Hahn snarast framhåller de negativa aspekterna också i jämviktsteorin - alltså hur speciella betingelser som krävs för att uppnå de önskade existens- och entydighetsresultaten.<sup>7</sup> Det är intressant att observera att det inom ekonomisk-teoretisk forskning f.n. finns ett starkt intresse för problem utan goda jämviktsegenskaper, fr.a. problem med informationsasymmetrier och ej observerbart beteende under osäkerhet. Såvitt jag vet motsvaras denna teoretiska forskning hittills i mycket liten grad av empirisk, som i så fall skulle handla om hur väsentliga imperfektionerna är på olika marknader. Detta är beklagligt, ty det är inte särskilt tillfredsställande att argumentera mot existensen av goda approximationer till goda jämvikter i konkreta situationer med spekulativa argument.

Sammantaget tillhandahåller ekonomisk teori en uppsättning verktyg för analys av osäkra situationer. Valet av verktyg (varianter av den goda jämvikten kontra olika slags marknadsimperfektioner) är dock en fråga för bedömning eller - ännu väsentligen icke-existerande - empirisk forskning. Det är angeläget att effektiviteten i olika avseenden hos oreglerade marknader, och effektiviteten av olika typer av offentliga ingripanden eller andra icke-marknadsinslag, analyseras realistiskt, så att inte en teoretisk idealbild av den ena ställs mot en bild av den andra präglad av verklighetens ofullkomligheter - eller ännu värre en teoretisk idealbild mot en teoretisk skräckbild, så att resultatet av jämförelsen helt beror av valet av teoretisk referensram.

### 2.3 Att hantera osäkerhet - principiella synpunkter.

I föregående två avsnitt har individers och kollektivs val mellan handlingsalternativ under osäkerhet diskuterats. Här skall istället ett principiellt resonemang föras om utformning av handlingsalternativ i sådana situationer. Vidare behandlas institutionella former för att realisera sådana alternativ.

#### 2.3.1 Några principer för generering av handlingsalternativ

Det har argumenterats för att val mellan handlingsalternativ under osäkerhet bör avgöras dels på grund av hur troliga olika utfall är, dels vilka konsekvenser ett valt alternativ leder till under de olika utfallen. (Det antas här att utfallen är specificerade så att sannolikheterna för dem inte kan påverkas av de relevanta beslutsfattarna.) Det subjektivt förväntade nyttokriteriet är ett sätt att göra en sammanvägning av dessa bägge faktorer, som är förhållandevis lätt att använda och enligt mångas uppfattning även normativt tilltalande. Ovan har även anförts exempel på situationer där det är naturligt att komplettera förväntade nyttokriteriet med något slags maximiresonemang.

I vissa situationer där sannolikheterna för olika utfall bedöms som viktiga för beslutet är det naturligt att komplettera de ursprungligen tillgängliga handlingsalternativen med köp av information. Innebörden av detta är att man investerar i att genom t.ex. fördjupad forsknings- och utredningsverksamhet söka "upplösa" osäkerheten, dvs. få en sannolikhetsfördelning som är mer koncentrerad till något eller några tillstånd än den ursprungliga, och som därmed svarar mot säkrare kunskap än tidigare. Att göra detta är normalt kostsamt, och ibland är möjligheterna att på detta sätt skaffa bättre kunskap små (ej upplösbar osäkerhet).

Efter eventuellt köp av information kan man så antingen välja något av de ursprungligen tillgängliga alternativen, eller anlita någon eller några principer för att utforma

nya handlingsalternativ. De principer som skall behandlas är riskspridning, flexibilitet och adaptivitet. Dessa kategorier är inte entydiga; det är ofta diskutabelt vilken princip ett visst handlingsalternativ skall anses hänföra sig till. Låt oss, för att klargöra dessa begrepp och svårigheterna att skilja dem åt strikt, diskutera ett enkelt exempel. För uppvärmning av en fastighet kan vi välja mellan ett stort antal system, baserade på olika bränslen eller andra energibärare. De framtida priserna på olika energibärare är osäkra, och dessutom kan tillförseln av vissa av dem störas av åtgärder som blockader och sabotage.

Att möta dessa osäkerheter med riskspridning kan innebära att man skaffar sig flera olika uppvärmningssystem - oljepanna, elpatroner, öppna spisar och kakelugnar för vedeldning. Ökar priserna på någon energibärare drastiskt blir förlusterna mindre än om man varit helt beroende av denna energikälla, och uteblir den helt kan man värma fastigheten nödtorftigt med de andra systemen. Principen för riskspridning är alltså att man satsar på en kombination av olika (ursprungligen tillgängliga) alternativ - en s.k. portfölj (jfr aktieportfölj).

I stället för att betrakta det ovanstående som en portfölj av alternativa system, skulle man kunna välja att se det som ett flerbränslesystem. Ett annat sådant är en flerbränslepanna. Här brukar man tala om flexibilitet; man har utformat ett alternativ som fungerar hyfsat för en stor mängd utfall. (Detta kan förstås också vara ett av de ursprungligen tillgängliga alternativen.)

Även om man köpt en flerbränslepanna är det ofta inte helt kostnadsfritt att byta bränsle. Är bytet förknippat med betydande investeringskostnader - t.ex. i hantlingsutrustning för fast bränsle - talar man inte längre om flexibilitet utan om adaptivitet. Adaptivitet går ut på att man investerar i bevarad handlingsfrihet att senare välja mellan olika alternativ (de ursprungligen tillgängliga och ev. tillkommande). I exemplet ovan kan

denna investering anses utgöras av merkostnaden för en flerbränslepanna jämfört med det "bästa" enbränslealternativet.

En intressant aspekt av adaptiviteten är att den berör sekvenser av beslut snarare än enstaka beslut. Den är därför relevant när s.k. dynamisk osäkerhet föreligger, dvs. osäkerhet som upplöses över tiden på ett sådant sätt att man fortfarande har handlingsutrymme när man vet väsentligt mer om vilket utfall som realiseras än i utgångsläget. (Ett exempel på icke dynamisk osäkerhet är kanske upplysande: när ens hus börjat brinna är det för sent att teckna brandförsäkring.)

Ett viktigt sätt att uppnå riskspridning eller flexibilitet är lagerhållning. Förutom att ge möjlighet till spekulation underlättar lager hanteringen av kortvariga prisstegringar samt korta perioder av onormalt hög efterfrågan eller låg tillförsel.

I praktiken används oftast kombinationer av riskspridning, flexibilitet och adaptivitet för att hantera osäkerhet. Vilka institutionella arrangemang som kan utnyttjas är ofta avgörande för vilka lösningar som står till buds.

### 2.3.2 Institutionella former för hantering av osäkerhet

Hantering av osäkerhet kan användas som delförklaring till många "institutionella uppfinningar" redan i för-civilisatorisk, ja förmänsklig, tid - t.ex. familje- och klanband för att skydda avkomman (och därmed säkra släktets överlevnad) från en osäker och fientlig omvärld.

#### 2.3.2.1 Stordrift i hantering av osäkerhet - för- och nackdelar

I ovan anförda exempel - och många andra som befästa städer och bevattningskulturer - spelas huvudrollen av stordriftsfördelar för vissa flexibilitetsskapande åtgärder. För den befästa staden var en viktig sådan fördel att resursupppoffringen för bevakning och försvar inte

växte lika snabbt som staden själv; en fyrdubbling av stadens befolkning ledde ju endast till en fördubbling av ringmurens längd (vid bibehållen geometrisk form och bebyggelsetäthet).

Stordriftsfördelar av olika slag förekommer rikligt när det gäller hantering av osäkerhet inom energiområdet. I det tidigare diskuterade uppvärmningssystemexemplet kan typiskt större förbränningsanläggningar göras mer effektiva än mindre. Detta kan utnyttjas för att åstadkomma riskspridning genom att uppvärmningssystemet kan byggas upp av ekonomiskt bärkraftiga anläggningar av flera olika slag. Satsar man i stället på flexibilitet eller adaptivitet i form av förmåga att växla mellan olika energibärare torde man vinna i snabbhet och effektivitet vid övergångarna på att ha storskalig, centraliserad energiomvandling.

En viktig orsak till stordriftsfördelar, vad gäller energiomvandling och mycket annat, är att stora enheter (för t.ex. energiomvandling eller beslutsfattande) möjliggör ansamlandet av kvalificerad specialistkompetens. Denna kompetens kan även vara relevant då det gäller köp av information; stora organisationer har råd att hålla sig med omfattande utredningsresurser för att hålla reda på hur framtiden kan tänkas gestalta sig.

Nu är det inte så enkelt att stora organisationer i alla avseenden är bättre än små på att hantera osäkerhet - tvärtom kan man identifiera ett flertal stordriftsnackdelar (eller smådriftsfördelar om man så vill) vid hantering av osäkerhet. (Härtill kan givetvis komma andra typer av stordriftsnackdelar i speciella fall, som ledningsförluster i de fjärrvärmenät som krävs vid centraliserad energiomvandling för uppvärmning.)

Om centraliserat beslutsfattande kan medföra högre kvalitet i bedömningar av vad som kommer att hända i omvärlden, så torde decentraliserat beslutsfattande i gengäld medföra högre kvalitet i bedömningen av konsekvenser



och möjliga åtgärder på lokal nivå. Jämför t.ex. elkraftsproducenternas, och även mer neutrala centralt placerade bedömares, konsekventa överskattningar av elbehovet till följd av underskattningar av lokal anpassningsförmåga till höjda priser.

Det hävdades ovan att stordrift kan möjliggöra snabba och effektiva förändringar bl.a. på grund av förekomsten av specialistkompetens. Detta torde dock främst gälla måttliga förändringar, som passar den existerande organisationsstrukturen, medan mindre organisationer med mindre utpräglad specialisering, med ty följande särintressen inom organisationen, kan vara bättre på att genomföra omfattande och drastiska förändringar.

Vad gäller riskspridning medger en större organisation givetvis fler parallella projekt än vad som är möjligt i en mindre. Dock hävdas ibland att en struktur med små, självständiga organisationer skulle leda till bättre riskspridning på samhälls nivå, och därför vara att föredra i detta avseende.<sup>1</sup> Detta torde inte vara generellt sant; om de små organisationerna i väsentliga avseenden är likartade och även uppfattar omgivningen på ungefär samma sätt kan decentraliserat beslutsfattande tvärtom leda till en mycket hög grad av riskkoncentration. Ett exempel på detta är det mycket höga oljeberoendet i vårt land som byggdes upp under 50-, och 60-talen i huvudsak genom decentraliserat beslutsfattande.

Tidigare nämndes några institutionella innovationer vars funktion (åtminstone delvis) är att ta tillvara stordriftsfördelar i hanteringen av osäkerhet.

Det finns också ett stort antal institutionella former avsedda att tillvarata kombinationer av stordriftsfördelar och smådriftsfördelar.

En kategori av sådana former är de som går ut på att skapa i vissa avseenden självständiga enheter inom större organisationer - divisioner, resultatområden osv.



Av större intresse i detta sammanhang är kanske de institutionella former som tillåter självständiga enheter att samverka när det gäller risktagande. Ett viktigt, och tidigt, exempel på detta är försäkring.

Försäkring bygger på att en riskaversiv person hellre tar en viss förlust (eller vinst) säkert än deltar i ett lotteri som har den säkra förlusten (eller vinsten) som förväntat resultat. Genom att ett stort antal personer som alla löper en relativt liten risk att drabbas av en stor förlust "poolar" sina risker omvandlar varje deltagare sitt ursprungliga lotteri till en (nästan) säker utbetalning - försäkringspremien. Detta är möjligt eftersom den slumpmässiga variationen i hela försäkringspoolens genomsnittsförlust per försäkringstagare - under förutsättning att utfallen för olika försäkringstagare inte är starkt beroende av varandra (exempelvis p.g.a jordbävningensrisk) - är mycket mindre än motsvarande storhet för resp. deltagares eget lotteri.

Tidigare har nämnts att stora organisationer genom att driva flera parallella projekt eller andra verksamheter kan uppnå god riskspridning. Bolagsformen, och speciellt aktiebolaget i förening med en väl fungerande börs, är en institutionell innovation som möjliggör detta även för enstaka individer eller små organisationer. Genom handel på råvarubörser, speciellt terminsaffärer (dvs. handel med kvantiteter för leverans vid något framtida datum) kan man även få del av vissa av lagerhållningens fördelar utan att behöva hålla ett fysiskt lager och betala för varutransporter.

#### 2.3.2.2 Ansvarsbegränsning och övervältring - aktörsintressen i konflikt och samverkan.

Även i ett annat avseende är aktiebolaget och liknande associationsformer intressanta exempel på samhällets förhållningssätt till risktagande. Vad jag tänker på är avsaknaden av personligt ägaransvar för aktiebolagets skulder utöver insatser. I äldre rättstillämpning kunde

oguldna skulder leda till trälldom, och alltjämt kan personliga skulder leda till utmätning och existensminimum. Den associationsrättsliga lagstiftningens olika bestämmelser om begränsningar av det personliga ansvaret jämfört med tidigare privaträtt kan i detta sammanhang ses som statligt beslutade subsidier till risktagande företagare. Bakgrunden till detta bör vara att fysiska personer utan ansvarsbegränsningar anses vara i någon samhällsekonomisk mening "alltför" försiktiga och obenägna att ta risker. Ett annat exempel på statligt beslutade ansvarsbegränsningar är det sociala skyddsnät som bl.a. mildrar störtarna för misslyckade risktagare. Ytterligare ett - mycket speciellt - är de begränsningar i kärnkraftsföretags ekonomiska ansvar för stora olyckor som flerstädes infördes som stöd för en - som man då tyckte - samhällsekonomiskt lovande men företagsekonomiskt riskabel verksamhet.

Försäkring är på analogt sätt ett slags privatekonomiskt motiverad ansvarsbegränsning, som förhoppningsvis leder till att deltagarnas (och försäkrarens, om det inte är ett ömsesidigt försäkringsbolag e.dyl.) välstånd ökar eftersom de törs ta större risker.

Förutom "konstgjord" ansvarsbegränsning av ovan berörda slag finns också "naturliga" ansvarsbegränsningar betingade av att individer och kollektiv ibland kan göra mer skada än vad de kan gottgöra med hela sin förmögenhet och sin arbetskraft under sin återstående livstid.

Ansvarsbegränsningar kan som vi sett ha många fördelar men de kan också leda till i någon mening för stort risktagande - bl.a. i form av ("onödig") sårbarhet. När det gäller "konstgjord" ansvarsbegränsning hänger detta bl.a. samman med svårigheterna att identifiera och mäta hur stora risker olika beslutsfattare tar. Ofta tillåter man av sådana skäl inte att försäkringstagare försäkrar bort hela risken (som de enligt ekonomisk teori helst skulle vilja) utan tvingar dem att behålla en del i form av självrisk. Dessutom figurerar olika rättsliga och moraliska sanktioner.

En viktig och intressant aspekt på ansvarsbegränsningar är den fördelningsmässiga. För att undvika extremt ojämnt fördelade konsekvenser av risktagande kräver staten ibland att risktagare har ansvarsförsäkringar. Ett alternativ eller komplement är att staten går in med obligatorisk försäkring för de potentiella offren. Exempel här är den obligatoriska bilförsäkringen resp. socialförsäkrings-systemet. Betänk följderna om dessa obligatorier ej föreläge för den ej olycksfallsförsäkrade A som påkörs och skadas svårt av en oförsäkrad bil framförd av den utfattige och arbetsoförmögne B!

#### 2.4 Att hantera osäkerhet - ett par exempel

I detta avsnitt skall två mer konkreta frågor diskuteras. Dels analyseras frågan om feleffektminimering resp. felriskminimering som alternativa principer för säkerhetsarbetet vid utformningen av stora tekniska system. Analysen kan ses som en exemplifiering av värdet av att ibland komplettera sannolikhetsorienterad beslutsanalys med maximintänkande.

Dels diskuteras frågan om generella eller riktade styrmedel i t.ex. energipolitiken. Särskilt behandlas svårigheterna att med generella medel realisera riskspridning och liknande principer för hantering av osäkerhet.

##### 2.4.1 Feleffektminimering kontra felriskminimering

Drabbas en obemannad satellit av ett någotsånär allvarligt fel finns normalt (eller fanns till helt nyligen) inga rimliga möjligheter att åtgärda detta. Vid konstruktionen av sådana system är det därför naturligt att välja en felriskminimerande konstruktionsprincip; genom att parallellkoppla flera komponenter eller delsystem av samma slag (redundans) minskar man felrisken, dvs. ökar systemets livslängd. I mer alldagliga, jordiska, tekniska system är sannolikheten för fel, relativt oberoende av felets art, inte på samma extrema sätt den enda relevanta

driftsäkerhetsparametern. Även hur allvarliga och svåra att avhjälpa olika fel är blir där högst relevant.

I detta sammanhang passar den kanadensiske zoologen och systemanalytikern C.S. Hollings distinktion mellan felriskminimerande och feleffektminimerande - dvs. maximinriktade - systemutformningar väl in (Hollings vitsiga benämningar är "fail-safe" resp. "safe-fail"). Holling hämtar oftast sina exempel från av människan påverkade ekosystem. Ett av dem är brandbekämpning i amerikanska nationalparker.<sup>2</sup>

Genom uppbyggandet av ett mycket effektivt brandförsvaret minskades risken för större skogsbränder radikalt. Därigenom tätnade skogen, vilket så småningom ledde till att bränder som man inte hann släcka snabbt, på grund av toppeld blev mycket mer svårsläckta och förödande än tidigare, "normala" skogsbränder. Så småningom (när den generation av experter och beslutsfattare som infört det effektiva brandförsvaret gått i pension) återgick man till en ordning där risken för skogsbrand tilläts bli större, men där effekten av en brand blev måttlig genom att det inte fanns stora sammanhängande områden med skog så tät att toppeld kunde uppkomma. En riskminimerande systemutformning hade alltså lett till att effekterna av "fel" (dvs. skogsbränder) blev mycket stora, så stora att man fann en effektminimerande utformning (med större felrisk) överlägsen.

Ett nyligen aktuellt ämne att diskutera i detta sammanhang är elnätets leveranssäkerhet. Från konsumentens synpunkt (åtminstone i stadsbygd) är elsystemet utpräglat riskminimerande i den meningen att längre elavbrott mycket sällan inträffar. Skulle ett längre elavbrott faktiskt inträffa, särskilt under ogynnsamma förhållanden - dvs. stark kyla - bleve konsekvenserna mycket omfattande, eftersom t.ex. praktiskt taget all lokaluppvärmning förutsätter elektricitet med nuvarande tekniska utformning. I ett mer feleffekt-inriktat system skulle

man tillåta större felfrekvens, och i gengäld investera mer i reservkraft för användningar där stilleståndskostnaderna är höga, göra uppvärmningssystem eloberoende etc.

De två exemplen innehåller väsentliga skillnader. I skogsbrandsexemplet finns en djupgående principiell motsättning mellan den risk-minimerande och den effektminimerande systemutformningen; den låga brandfrekvensen i sig leder till att de bränder som inträffar blir desto allvarigare. I elkraftssystemexemplet är motsättningen inte lika djupgående. För varje resursuppoeringsnivå kan man avväga investeringar i minskad risk för fel mot investeringar i minskad effekt av fel.

I det följande ligger tonvikten på analys av storskaliga tekniska försörjningssystem som t.ex. elnätet. På grund av deras komplexitet är dessa systems egenskaper i många avseenden ganska dåligt kända, eller i varje fall svåra att förutse utan omfattande drifterfarenhet.

Det är vidare typiskt för sådana system att berörda aktörer kan delas in i en förhållandevis liten grupp inom systemet och en betydligt större vid dess gräns. I vår analys skall vi studera det system som består av både försörjningssystemet i sig och dess avnämare. En systemutformning är då effektminimerande om betydande resurser läggs på avnämarsidan för att minska verkningarna av utebliven försörjning. I en riskminimerande utformning läggs i stället mycket resurser inom försörjningssystemet för att minska sannolikheten för utebliven försörjning.

Som framgår av det följande är klassificeringen av system som effekt- resp. riskminimerande inte entydig, utan t.ex. beroende på val av delsystem- och systemgränser. I exemplet ovan bestod sålunda det studerade systemet av å ena sidan elproduktion och -distribution och å den andra av förbrukning. Därvidlag ansågs systemet riskminimerande om mycket resurser läggs på att säkerställa



att produktions- och distributionsapparaten med stor sannolikhet kan tillgodose förbrukarsidans efterfrågan.

Hade man valt att dela upp systemet i en försörjningsdel bestående av central produktion och distribution och en avnämardel med lokal produktion och distribution (samt slutavnämare), blir vissa systemutformningar som tidigare framstod som riskminimerande i stället effektminimerande; nämligen de där tyngdpunkten i säkerhetsresursallokeringen ligger på lokal produktion och distribution.

Vilka systemavgränsningar som är relevanta måste avgöras från fall till fall med hänsyn till det specifika problemet.

En motsättning mellan riskminimering och effektminimering av viss allmän relevans, är att kompetensen att hantera fel blir svår att upprätthålla när fel inträffar mycket sällan.

Just genom att fel rutinmässigt uppkommer och måste hanteras, om inte en utpräglad riskminimerande systemutformning väljs, lär sig systemets avnämare dess karakteristiska egenskaper (osäkerheten om dessa upplöses alltså), och kan väl anpassa sin egen verksamhet efter dem. Bl.a. kan de fatta ekonomiskt effektiva beslut om hur mycket och var de skall investera i reservkapacitet. Dessutom är, enligt erfarenheter från beteendevetenskapligt inriktad riskforskning, risker lättare att acceptera om de upplevs som möjliga att påverka, och inte påtvingade.

I ett system som extremt sällan drabbas av fel som fortplantas till omgivningen, kommer kunskapen om systemet att begränsas till dem som arbetar i det. Även deras kunskap kan mycket väl bli mindre än i ett system där fler fel accepteras, eftersom man där i högre grad kan tillåta sig att experimentera med systemet för att lära sig mer om det. Beslut om investeringar i driftsäkerhet måste



fattas på schablonmässiga grunder åtminstone så länge inte systemets tjänster säljs till omgivningen under sådana former att kunden får bestämma och betala för både kvantitet och säkerhetsnivå, och även då kommer kunskapen om kostnaderna för de sällan inträffande systemfelen att vara dålig, bl.a. på grund av svårigheten att upprätthålla kompetens.

En annan faktor som gör att säkerhetsarbetet riskerar att bedrivs mindre adaptivt i ett riskminimerande system än i ett effektminimerande är följande. Den lilla grupp av experter som leder detta arbete i ett riskminimerande system kan, på grund av sin höga specialiseringsgrad, förväntas bli mer bunden till hittills gällande praxis inom området än de mer allroundbetonade experter och beslutsfattare på avnämarnivå, som delvis övertar ansvaret i en effektminimerande utformning.

En annan aspekt på skillnaden mellan risk- och effektminimerande utformningar är att underskattningar av felrisker och feleffekter under rimliga antaganden (se avsnitt 2.1.2) systematiskt missgynnar effektminimerande systemutformningar, liksom att sådana är att föredra vid antagonistisk osäkerhet.

I det föregående har ett antal skillnader mellan riskminimerande och effektminimerande systemutformningar räknats upp som åtminstone vid första anblick verkar tala till effektminimerande alternativs fördel:

- effektminimerande systemutformningar tenderar att gynna kompetensuppbyggnad om hur fel bör hanteras bland dem som berörs av sådana,
- detta leder i sin tur till att resurserna för hantering av fel allokeras effektivt, och på ett adaptivt sätt,
- dessutom missgynnas de av överoptimistiska antaganden, något som man väl bör ta särskild hänsyn till i analysen,
- slutligen är effektminimerande systemutformningar mer motståndskraftiga mot medveten bekämpning.

Av detta kan man givetvis inte dra slutsatsen att effektminimerande systemutformningar alltid eller nästan alltid bör föredras. Ett modernt industrisamhälle bygger i hög grad på specialisering och arbetsdelning. I många sammanhang är effektivitetsvinsterna säkert betydande av att de flesta berörda lättsinnigt utgår ifrån att de inte behöver ha någon kompetens att hantera uppkomna fel på de många tekniska system som omger oss. Istället kan de koncentrera sin kompetens till ett fåtal områden.

Således uppvägs kanske ineffektiviteten i allokeringsbesluten om resurser för hantering av fel av höga (transaktions-)kostnader för att fatta effektiva allokeringsbeslut.

Vad man emellertid kan säga om val mellan effektminimerande och riskminimerande systemutformningar i allmänhet, på grundval av de skillnader som anförts, är att några av de effektminimerande alternativens starka sidor är svåra att modellera (värdet av utspridd kompetens och effektivare resursallokering), varför enkla beslutsanalytiska ansatser vid val mellan alternativ som skiljer sig starkt i detta avseende kan bli systematiskt vilseledande.

#### 2.4.2 Generella och riktade styrmedel för riskspridning

Neoklassiska ekonomer tenderar att förespråka att externa effekter hanteras genom att skatter resp. subventioner införs på olika varor och verksamheter som t.ex. olja resp. forskning och utveckling, så att en, med hänsyn till externaliteterna, bättre marknadsvikt än den opåverkade inträder. Framförallt subventioner utformas praktiskt på en mångfald olika sätt - ofta svåra att jämföra - som ansvarsbegränsning (t.ex. aktiebolagsformen, se ovan avsnitt 2.3.2.2), avskrivningsregler, lån på förmånliga villkor etc. Huvudpoängen med denna typ av generella ekonomiska styrmedel är att de samhällliga avvägningarna vid en marknadslösning görs på låg nivå

där tillgången på information om speciella lokala förhållanden är maximal. Om dessa avvägningar istället i sin helhet görs centralt och omsätts i praktisk tillämpning via förbud och påbud uppstår välfärdsförluster på grund av oförmågan att ta hänsyn till den lokala informationen.<sup>3</sup>

En del av svårigheterna med de generella ekonomiska styrmedlen framgår av följande exempel. Om oljepriserna plötsligt stiger uppstår i en oljeberoende ekonomi stabiliseringspolitiskt betingade välfärdsförluster. Risken för detta kan anses utgöra en negativ externalitet i oljeanvändningen som, hävdas det, bör föranleda en skatten s.k. K-premien (K för konjunktur). På motsvarande sätt skulle kvantitetsrestriktioner på grund av blockad e.d. leda till förluster, vilket skulle föranleda en s.k. S-premie (S för sårbarhet).

Den kritiska frågan i detta sammanhang är om man kan anse att dessa premier är väldefinierade och lika för varje m<sup>3</sup> olja av viss typ. Enligt min uppfattning är den negativa konjunkturrelaterade externaliteten förenad med att, när det är ekonomiskt fördelaktigt, använda olja i en flerbränsleanläggning, som snabbt kan konverteras till fast bränsle om oljepriset skulle stiga, obetydligt jämfört med om oljeersättning skulle kräva stora investeringar. Premierna kan alltså bero på hur olja utnyttjas i en viss användning.

Likaså skulle S-premien för bensinförbrukningen minska avsevärt om, som har föreslagits, det funnes en "basflotta" av fordon för de nödvändigaste transporterna, som ginge på inhemskt bränsle.<sup>4</sup> Premierna bör alltså även bero av för vad oljan används.

I det förra exemplet skulle kanske optimal oljeanvändning kunna åstadkommas genom en differentierad oljeskatt beroende på typ av anläggning (t.ex. i form av skatteåterbäring till flerbränsleanläggningar). Ett sådant system skulle dock vara förenat med stora möjligheter

till svart marknad där lågskatteolja såldes till högskatteanvändningar.

I det andra exemplet är det ännu svårare att tänka sig hur man med generellt verkande medel skulle kunna förverkliga "basflottan", om det nu vore optimalt att ha en sådan. För vissa bensindrivna specialfordon kunde man ju införa antingen påbud om inhemskt bränsle eller straffskatt för bensindrif och/eller subventioner för konvertering; men i basflottan borde kanske också en viss andel av den mer normala fordonsparken ingå?

Det kan allmänt sett vara svårt att med generellt verkande medel få till stånd riskspredning med avseende på t.ex. energiteknologi för en viss tillverkning. Speciellt gäller detta om aktörerna är många, och likartade med avseende på storlek, förväntningar och attityd till osäkerhet. Är aktörerna få kan de kanske samordna sig själva för att utnyttja fördelarna av de generella styrmedel som införts. För aktörer tillräckligt stora att ha möjlighet till riskspredning inom den egna organisationen kan generella åtgärder, som skatter och subventioner, påverka denna till omfattning och inriktning. Vad attityder till risk och förväntningar anbelangar (även attityder till tid, normalt återspeglad av använd räntesats kunde nämnas i detta sammanhang) kan skillnader naturligtvis leda till att olika nivåer på generella styrmedel erfordras för att påverka olika aktörers beslutsfattande. Ett flertal faktorer gör dock "fininställning" svår; förväntningarna kan t.ex. ändras snabbt. Vidare finns skäl att anta att ekonomiska aktörer fattar mer likformiga beslut än vad som skulle framkomma om deras förväntningar användes i en enkel förväntad nyttomodell. Mycket tyder nämligen på att en aktörs nyttonivå i ett visst tillstånd inte beror uteslutande av hans eget innehav av resurser i ifrågavarande tillstånd, vilket är vad som förutsätts i normal nyttoteori, utan snarare av det egna innehavet i relation till andras.<sup>5</sup> Att agera som "alla andra" ger ur denna synvinkel ett relativt säkert utfall jämfört med alternativ som ger mycket om

majoritetens förväntningar kommer på skam men ställer en i en mycket utsatt position om de infrias.

Mot de ovan anförda svårigheterna kunde invändas att kapitalstockar av den typ som diskuteras (fordonsflottor, uppvärmningsanläggningar etc.; däremot gäller följande resonemang givetvis inte forskning och utveckling) förnyas relativt långsamt.

Genom att omväxlande styra i olika riktningar kunde statsmakterna och andra offentliga aktörer (exempelvis kommunala) uppnå en viss grad av riskspridning. Det får dock anses tvivelaktigt om en sådan strategi vore förenlig med gängse uppfattningar om lämpliga spelregler för politiskt beslutsfattande. Det skulle också leda till stora omställningskostnader och svårigheter att vidmakthålla kompetens i den kapitalvaruindustri som skulle ha att tillgodose en starkt varierande efterfrågan.

En speciell typ av offentlig subvention som förespråkas av en del ekonomer är "försäkringsarrangemang" innebärande att staten (eller något annat kollektiv) utfäster sig att vid ett negativt utfall för ett visst, såsom önskvärt bedömt, alternativ, subventionera dem som valt alternativet i fråga. Exempelvis kunde man tänka sig subventioner till dem som valt uppvärmning med inhemskt bränsle för det fall att oljepriserna sjunker.

Även i detta sammanhang är jag skeptisk till förenligheten med normalt politiskt beslutsfattande. Det är inte att förvänta att politiker vill inskränka sitt handlingsutrymme genom att utställa sådana specificerade löften, och för den händelse att de gjorde det skulle säkert många ändå tveka att ta ett sådant löfte för gott, i varje fall innan detta handlingsätt etablerats som normal praxis.<sup>6</sup> (Man skulle kunna säga att en liknande princip om utlovade framtida subventioner tillämpas inom socialförsöksystemet - nämligen vad avser ATP.)

Slutsatsen av vad som anförts ovan i detta avsnitt blir,



att offentlig energipolitik för att få tillgång till bl.a. riskspridning (och adaptivitet genom riskspridning inom forsknings- och utvecklingsarbete) knappast kan nöja sig med uteslutande generella styrmedel. Den typ av riktade styrmedel man kan tänka sig i detta sammanhang involverar ofta ett mer eller mindre juridiskt bindande kontrakt. Det kan röra sig om kontrakt avseende forskning och utveckling eller teknikupphandling. Stat eller kommun kan köpa in sig på t.ex. privata reservkraftverk och annan reservkapacitet för nödlägen. I ett genomorganiserat samhälle som det svenska kan också avtal slutas med vissa branscher och näringar om verksamhet och åtgärder för att hantera osäkerhet - exempelvis inrättande av "basflotta". Jordbruksavtalen bör, åtminstone delvis, ses mot sådan bakgrund.

Kontrakt av denna typ har under senare år rönt viss uppmärksamhet inom ekonomisk teori. Allmänt karakteriseras problemet av en motsättning enligt följande.

Å ena sidan föreligger ofta skillnader i riskbenägenhet, som gör att båda parter kan vinna på att den "mindre" (t.ex. leverantören av teknisk utveckling) "försäkras" av den "större" (t.ex. utvecklingsbeställaren - kanske STU), dvs. den "mindre" parten får en relativt fast inkomst oavsett resultat, medan den "större" uppbär huvuddelen av förlusten - eller vinsten. Liknande "Paretoförbättringar" (som bägge parter alltså vinner på) kan f.ö. också uppnås på grund av olikheter i förväntningar, likviditet, kreditvillkor etc.

Å andra sidan gör svårigheter för den "större" parten att observera den "mindres" kvalitet (kompetens etc.) och arbetsinsats att "försäkringen" inte bör innebära ett fullständigt "riskavlyft", utan innehålla en "självrisk" för den "mindre" parten.



## 2.5 Avslutning

I detta kapitel har formella metoders användbarhet på olika energipolitiska problem behandlats. Särskilt vissa aspekter av ekonomisk teori och beslutsanalys baserad på subjektiva sannolikheter har uppmärksammats. Det är min bestämda uppfattning att de diskuterade metoderna har mycket att tillföra, men att användningen måste grunda sig på större hänsynstagande till problemens natur än vad många ämnesexperter (t.ex. ekonomer) idag verkar bereda till.

## 2.6 Noter och referenser

### Noter till inledningen och avsnitt 2.1.

1. Se Eriksson, Hansson, Molander (1982).
2. Se diskussion i Lindblom, Cohen (1979) om utvärdering av processer kontra resultat. Rättsväsendet är ett exempel på hur det kan vara omöjligt att bedöma kvaliteten i resultatet (hur väl utslaget motsvarar saken).
3. Se t.ex. Lindblom, Cohen (1979).
4. Se t.ex. Strangert (1974).
5. I Lundqvist (1982) behandlas möjliga utfall som lika sannolika. Där finns också referenser till andra studier där så sker.
6. Se French (1983) för en översikt.
7. Thurow (1983), Lind (1983).
8. Kahneman, Slovic, Tversky (1982).
9. Allais, Hagen (1979).

10. Se t.ex. Svensson, Mogren (1984) eller Lundqvist (1982).

#### Noter till avsnitt 2.2

1. Detta har påpekats även av ledande forskare inom allmän jämviktsteori. Se Lind (1983) för citat av Frank Hahn.
2. Dessa är i sin tur - tror jag - förutsättningar för samhällelig effektivitet i en mer allmängiltig mening!
3. Posner (1977).
4. Se Thurow (1983) och Lind (1983) för kritiska diskussioner och Reder (1983) och i viss mån Blaug (1975) för inträngande analyser av forskningsprogrammet från mer välvillig utgångspunkt.
5. Reder (1983) och Blaug (1975).
6. Det mest kända exemplet är Arrows omöjlighetssats. Se t.ex. Kelly (1978).
7. Se not 1 ovan.

#### Noter till avsnitt 2.3 och 2.4

1. Se t.ex. Goldberg (1975).
2. Holling (1982).
3. Ett bra exempel på ekonomers syn på generella styrmedel inom energiområdet är Sohlman (1983), särskilt kap. 6.
4. Karlsson, Hakkarainen, Larsson (1983).

5. Thurow (1983).
6. Wittrock, Lindström (1984) påvisar hur perioder av starkt intresse för marknadsintervention till förmån för inhemska energikällor omväxlat med mer laissez-fairebetonade perioder i svensk energipolitik under det senaste århundradet. Den bakgrunden är inte ägnad att stärka tilltron till eventuella allmänna utfästelser från statsmakterna om stöd till inhemska energikällor vid en för dem ogynnsam utveckling.

#### Referenser

- Allais, M, Hagen, O (red), 1979, Expected utility theory and the Allais paradox. Dordrecht:Reidel.
- Blaug, M, 1975, Kuhn versus Lakatos, or paradigms versus research programmes in the history of economics. History of Political Economy 7, 399-433.
- Eriksson, A, Hansson, B, Molander, P, 1982, Sårbarhet. Bidrag till struktureringen av problemet. Ingår i Andersson, ÅE, Eriksson, A (red), Säkerhetspolitik och systemanalys. Umeå.
- French, S, 1983, Group consensus probability distributions: a critical survey. Presenterad vid Second Valencia International Meeting on Bayesian Statistics.
- Goldberg, MA, 1975, On the inefficiency of being efficient. Environment and Planning A 7, 921-939.
- Holling, CS, 1982, Resilience in the unforgiving society. Ingår i Andersson, ÅE, Eriksson, A (red), Säkerhetspolitik och systemanalys. Umeå.

- Kahneman,D, Slovic,P, Tversky,A (red), 1982, Judgement under uncertainty: Heuristics and biases. Cambridge: Cambridge U P.
- Karlsson,Ch, Hakkarainen,E, Larsson,P, 1983, Energibeslut. Energiforskningsnämnden,AES 1983:1.
- Kelly, JS,1978, Arrow impossibility theorems. New York: Academic Press.
- Lind,H, 1983, Ekonomisk teori på erövringståg. Häftnen för kritiska studier, nr 1, 26-36.
- Lindblom,ChE, Cohen,DK, 1979, Usable knowledge. Social science and social problem solving. New Haven och London: Yale U P.
- Lundqvist,L, 1982, Goals of adaptivity and robustness in regional and urban models. Ingår i Albegov,M, Andersson,ÅE, Snickars,F, Regional development models: theory and practice. Amsterdam: North Holland.
- Posner,RA, Economic analysis of law,2d edition. Boston och Toronto: Little, Brown and Company.
- Reder,MW, 1983, Chicago economics: permanence and change. Journal of Economic Literature 20, 1-38.
- Sohlman,Å, 1983, Energianvändningen år 2000 - ett planeringsproblem? Energiforskningsnämnden,AES 1983:5
- Strangert,P, 1974, Information, uncertainty, and adaptive planning. FOA P, Rapport C 8392 - M3.
- Svensson,J-E, Mogren,A, 1984, Energiprognoser - perspektiv och metod. Stockholm: Energiforskningsnämnden/Liber.

Thurow,LC, 1983, Dangerous Currents. Oxford: Oxford U P.

Wittrock,B, Lindström,S, 1984, De stora programmens tid -  
forskning och energi i svensk politik. Stockholm:  
Akademilitteratur.





### 3. FRAMTIDSBILDER PÅ NATIONELL OCH REGIONAL NIVÅ

Lars Lundqvist

#### 3.1 Inledning

Utvecklingen på de globala energimarknaderna är av avgörande betydelse för Sveriges ekonomi och för den svenska energipolitiken. Oljeprischockerna 1973-74 och 1979-80 förändrade mycket hastigt förutsättningarna för ekonomisk politik och energipolitik. Inflationsbekämpning fick hög prioritet i den industrialiserade världen och en lång stagnationsperiod inträffade i världsekonomin. Arbetslösheten steg snabbt. På motsvarande sätt påverkade både den globala utvecklingen av ekonomi och energipriser och den inhemska politiken på dessa områden det svenska energiekonomiska systemet, som i sin tur består av ömsesidigt beroende kommuner och regioner. För beslutsfattare och planerare i kommuner och regioner är detta omvärldsberoende en mycket viktig förutsättning. Det är angeläget att formulera regionala framtidsbilder som underlag för beslutsfattande i kommuner och regioner. Dessa framtidsbilder bör spegla osäkerhetsfaktorer på både global och nationell nivå. De bör också bygga på en tydlig behandling av interregionala och internationella ömsesidiga beroenden i form av t.ex. flyttningar och leveransmönster.

I detta kapitel beskrivs fyra framtidsbilder för Sverige indelat i åtta s.k. riksområden. Scenarierna bygger på alternativa förutsättningar beträffande energipriser och världshandelstillväxt samt alternativa inriktningar av svensk ekonomisk politik. Däremot har regionala skillnader i konsumtion, produktionsteknik och leveransmönster antagits stabila över tiden. Vår metodik gör det dock möjligt att även pröva konsekvenserna av trendbrott

på regional nivå.

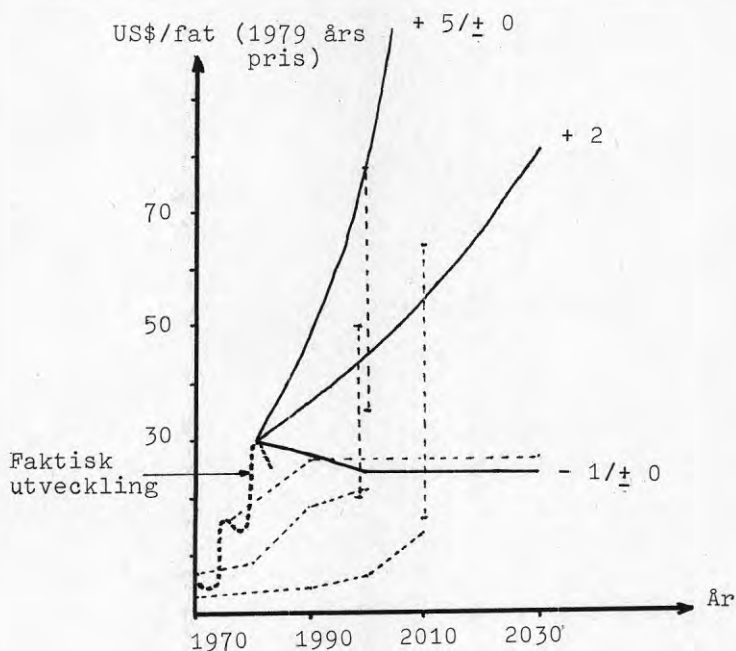
I nästa avsnitt preciseras förutsättningarna för våra fyra framtidsbilder. Därefter berörs i korthet den metodik som vi utvecklat för att åstadkomma någorlunda samstämmighet inbördes i var och en av framtidsbedömningarna samt dataunderlaget för kalkylerna. Slutligen beskriver vi framtidsbilderna på nationell och på regional nivå. Vi exemplifierar i huvudsak med resultat för Stockholmsregionen. Vår forskning om regionala framtidsbilder har skett inom ramen för projektet "Regionplanering och framtida energisystem" (REGI).

### 3.2 Osäkerheter på global och nationell nivå

Vi har valt att bygga våra regionala framtidsbilder på alternativa bedömningar av global energiekonomisk utveckling samt av den svenska ekonomiska politiken. Båda dessa faktorer är ur den enskilda regionens eller kommunens synpunkt att betrakta som i stort sett opåverkbara delar av omgivningen. Beträffande förhållanden som i högre grad kan förändras av lokala aktörer (produktionsteknik, konsumtionens sammansättning, leveransmönster) har vi inte haft underlag för detaljerade regionala bedömningar. Vi har antagit att nationella utvecklingstendenser slår igenom men att de regionala skillnaderna består över tiden.

De globala energiekonomiska framtidsutsikterna har utförligt penetrerats i en särskild rapport, se Lundqvist, Strömquist (1984). I rapporten jämförs ett stort antal internationella energistudier med avseende på energiefterfrågan, uppskattningar av potentiella energiresurser samt bedömningar av framtida utveckling på energi- och varumarknaderna. Vi konstaterar att uppfattningarna om framtida oljepriser är mycket delade. Detta sammanhänger huvudsakligen med skilda bedömningar av ekonomisk tillväxttakt samt energiefterfrågans pris- och inkomstkänslighet. Olika uppskattningar av resurstillgång och kostnader för oljesubstitut bidrar också

till den stora osäkerheten. Vi har formulerat tre alternativ för den långsiktiga oljeprisutvecklingen, som kan sägas representera osäkerheten i de internationella energiframtidsstudierna. I figur 3.1 visas hur våra tre oljeprisscenarier förhåller sig till bedömningar i ett antal energiframtidsstudier. På basis av dessa oljeprisantaganden och med ledning av övrig information om energi- och varumarknader har vi formulerat tre mera fullständiga scenarier, som förutom oljepriser även innefattar utvecklingen av kolpriser och uranpriser samt världshandelstillväxt och utvecklingen av världsmarknadspriser på varor och tjänster.



Figur 3.1: Tre scenarier för den långsiktiga oljeprisutvecklingen samt exempel på oljeprisbedömningar i internationella energistudier.

Vi har hittills berört osäkerheten beträffande den globala energiekonomiska utvecklingen. Ur kommunal eller regional synpunkt är även inriktningen och utfallet av den nationella politiken en källa till osäkerhet. Vi har koncentrerat oss på alternativa inriktningar av den

ekonomiska politiken (sparande, offentlig konsumtion, bytesbalansens saldo). Däremot har vi avstått från att formulera alternativa utformningar av energipolitiken. Kärnkraften förutsättes bli avvecklad i enlighet med riksdagens beslut.

Utfallet av den svenska ekonomiska politiken i form av investeringsnivå samt extern och intern balans kan knappast förväntas vara oberoende av de globala energi-ekonomiska förutsättningarna. Snabbt stigande energipriser ökar sannolikheten för balansproblem i den ekonomiska politiken och försämrar utsikterna till en hög investeringsnivå. Stabila energipriser ökar möjligheterna till balans och hög investeringskvot. Vi har tagit hänsyn till dessa faktorer när vi formulerat fyra scenarier för global utveckling och ekonomisk politik, se figur 3.2. Vart och ett av de tre globala energi-ekonomiska alternativen kombineras med antaganden om kapitalbildningen i den svenska ekonomin. Vi erhåller

		Tillväxtförutsättningar (energipriser, världshandelstillväxt, kapitalbildning)		
		goda	medel	dåliga
Intern och extern balans (bytesbalans, offentlig sektor)	obalans	-	II EKONOMI I OBALANS	I KRISEKONOMI
	balans	IV TILLVÄXTEKONOMI	III EKONOMI I BALANS	-

Figur 3.2: Fyra scenarier för globala och nationella energiekonomiska förutsättningar.

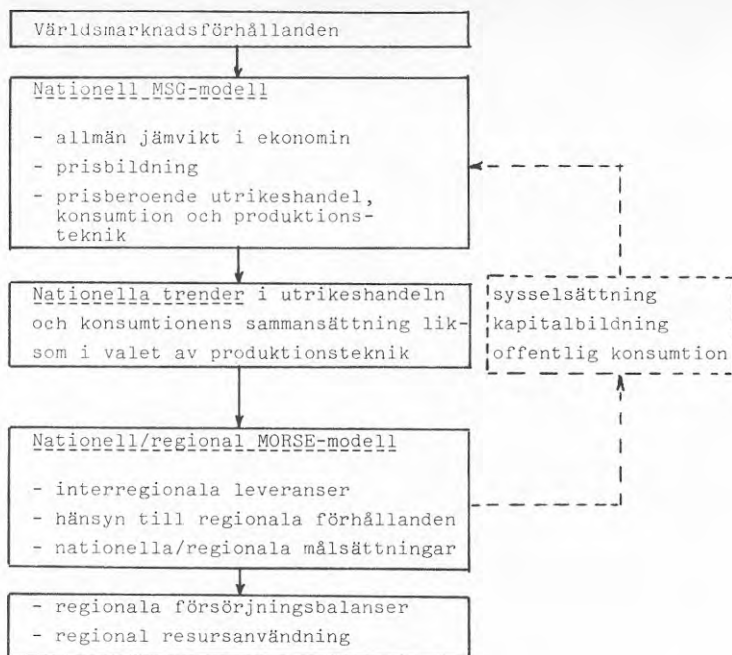
därigenom tre alternativ med tillväxtförutsättningar som sedan i sin tur kombineras med antaganden om den externa och interna balansens utveckling. Beteckningarna på de fyra resulterande scenarierna framgår av figur 3.2. En utförligare diskussion om innebörden i scenarierna (lik-som av de metoder och resultat som presenteras nedan) finns i Lundqvist (1984 a,b).

### 3.3 Metoder

För att beräkna konsekvenserna på nationell och regional nivå av våra fyra energiekonomiska alternativ har vi utvecklat ett modellsystem som består av en sammankoppling av två modeller:

- en nationell modell för flersektoriell jämviktstillväxt (MSG) som innehåller mekanismer för prisbildning och prisberoende substitutionsfenomen i produktion, konsumtion och utrikeshandel.
- en dynamisk flerregional och flersektoriell input-output modell (MORSE) som beräknar fullständiga regionala försörjningsbalanser på basis av nationella trender i produktion, konsumtion och utrikeshandel (från MSG), information om regionala förhållanden under basåret samt nationella och regionala policyförutsättningar.

De båda modellerna och deras användning beskrivs närmare i Lundqvist (1983, 1984 a,b). Sammankopplingen till ett modellsystem redovisas i figur 3.3. MSG har utvecklats av Lars Bergman vid Handelshögskolan. Dess styrka är den samtidiga behandlingen av prisbildning och långsiktig jämvikt på marknaderna för varor, tjänster och produktionsfaktorer. Produktionsteknik, konsumtionsmönster och utrikeshandel påverkas av prisutvecklingen. Dessa resultat på nationell nivå matas in i MORSE och konfronteras där med regionala skillnader i produktionsteknik, tillgång på kapital och arbetskraft samt leveransmönster (inrikes och utrikes). I MORSE anges förutom nationella ekonomisk-politiska mål även regionalpolitiska ambitioner. MORSE har utvecklats inom Samhällsplaneringsgruppen.



Figur 3.3: Principerna för samkörning av MSG och MORSE

Som antyds i figur 3.3 kan det vara svårt att uppnå exakt samstämmighet mellan de två modellerna. Sysselsättning, kapitalbildning och offentlig konsumtion på nationell nivå utgör indata till MSG men bestäms internt i MORSE. Eventuella skillnader kan minskas genom att iterera mellan modellerna. Genom att MORSE tar hänsyn till en rad rigiditeter som sammanhänger med den regionala nivån är dock exakt samstämmighet knappast möjlig att uppnå.

MSG liknar den modell som används för långsiktig analys inom långtidsutredningarna (LU). LU:s regionala analys har traditionellt utförts genom nedbrytning av nationella sysselsättningsprojektioner till regional nivå. Länsplaneringen har å andra sidan använt en uppbyggnadsmetod där sysselsättningsprognoser baserats på lokala branschbedömningar och företagsenkäter. Vår metodik kombinerar båda dessa perspektiv och baseras (till skillnad från både LU och länsplaneringen) på fullständiga regionala försörjningsbalanser och beroenden mellan dessa i form av handelsmönster.



### 3.4 Dataunderlag

MSG och MORSE har 1975 som gemensamt basår. Beräkningar utförs med MSG för åren 1990, 2005 och 2020. På basis av långsiktiga trender i produktionsteknik, konsumtion och utrikeshandel (1975-2020) från MSG kalkylerar MORSE ett utvecklingsförlopp i form av förändringar under tre 15-årsperioder (1975-1990, 1990-2005, 2005-2020). Denna process genomförs för vart och ett av de fyra energiekonomiska scenarierna.

Båda modellerna bygger i huvudsak på försörjningsbalanser för basåret 1975, dvs. tabeller över tillgång och användning av varor och tjänster. Dessutom har andra statistikkällor utnyttjats som underlag för regional faktor användning (kapital, arbete, energi) och regionala konsumtionsmönster. Antaganden beträffande nationell arbetskraftstillgång och arbetsproduktivitet samt pris-känslighet i produktion, konsumtion och utrikeshandel har i möjligaste mån anpassats till bedömningar i långtidsutredningarna. Som tidigare påpekats har regionala skillnader i faktor användning, konsumtionsmönster och utrikeshandel liksom mellanregionala leveransmönster antagits vara stabila över tiden.

Innebörden i de fyra energiekonomiska scenarierna preciseras i tabell 3.1. För en utförligare redovisning av

Tabell 3.1: Scenarioförutsättningar för MSG/MORSE

Scenario	I KRISEKONOMI	II EKONOMI I OBALANS	III EKONOMI I BALANS	IV TILLVÄXTEKONOMI
Energi- och varupriser, världshandelstillväxt	Prisscenario A ~ 2.5% per år	Prisscenario B ~ 2.8% per år	Prisscenario B ~ 2.8% per år	Prisscenario C ~ 3.0% per år
Olja	+5% per år 1980-2010, därefter stabilt	+2% per år efter 1980	+2% per år efter 1980	-1% per år 1980-2000 därefter stabilt
Kol	+3% per år efter 1982	+1% per år efter 1982	+1% per år efter 1982	stabilt efter 1982
Uran	Stabilt till 1990 därefter +2% per år	stabilt till 1990 därefter +2% per år	stabilt till 1990 därefter +2% per år	stabilt till 1990 därefter +2% per år
Kapitalbildning	+1.5% per år	+2.25% per år	+2.25% per år	+3.0% per år
Offentlig konsumtion	+2% per år 1979-1990 därefter +1.25% per år	+2% per år 1979-1990 därefter +1.25% per år	+1% per år efter 1979	+1% per år efter 1979
Bytesbalansens saldo	Långsiktigt och växande underskott. Utlandsskulden sjudubblad 1990-2020 (i löpande priser)	Långsiktigt och växande underskott. Utlandsskulden sjudubblad 1990-2020 (i löpande priser)	Bytesbalansen återställd från 1990	Bytesbalansen återställd från 1990

prisscenarioerna (A-C) och övriga förutsättningar hänvisas till Lundqvist, Strömquist (1984) och Lundqvist (1984 a). Sektoriell och regional indelning beskrivs i tabell 3.2. Energisektorn har i MSG ytterligare delats upp i en el- och värmesektor och en bränslesektor.

Tabell 3.2: Sektorer och regioner i MSG/MORSE

Sektorer	Regioner
1. Areella, extraktiva näringar	1. Stockholm
2. Energiomvandling	2. Östra mellansverige
3. Processindustri	3. Småland med öarna
4. Övrig tillverkningsindustri	4. Sydsverige
5. Byggnadsindustri	5. Västverige
6. Samfärdsel	6. Norra mellansverige
7. Bostadstjänster	7. Mellersta Norrland
8. Privata tjänster, varuhandel	8. Övre Norrland
9. Offentliga tjänster	



### 3.5 Resultat

Vi begränsar oss i denna uppsats till att redovisa nationella och regionala framtidsbilder som framkommer ur MORSE på basis av de fyra energiekonomiska scenarierna. Resultat från MSG inklusive exempel på de nationella trender i produktionsteknik, konsumtion och utrikeshandel, som utgör indata till MORSE, rapporteras i Lundqvist (1984 b).

#### Nationella framtidsbilder

Tabell 3.3 visar utvecklingen av den nationella försörjningsbalansen i de fyra alternativen. Den långsiktiga ekonomiska tillväxttakten varierar mellan 0.8% och 1.8% per år i de fyra framtidsbilderna. Skillnaderna i den

Tabell 3.3: Försörjningsbalansens utveckling på nationell nivå i fyra framtidsbilder enligt MORSE (årlig procentuell förändring)

	I		II		III		IV	
	KRISEKONOMI		EKONOMI I OBALANS		EKONOMI I BALANS		TILLVÄXTEKONOMI	
	75-90	75-20	75-90	75-20	75-90	75-20	75-90	75-20
Privat konsumtion	-0.1	-0.5	+0.8	+0.2	+1.4	+0.8	+1.9	+1.4
Offentlig konsumtion	+1.7	+1.2	+2.2	+1.5	+1.6	+1.0	+1.8	+1.3
Bruttoinvesteringar	-0.9	-0.0	+0.8	+1.1	+0.6	+1.0	+1.9	+2.1
Export	+4.2	+2.5	+4.3	+2.8	+4.8	+3.2	+4.8	+3.4
Import	+2.3	+1.6	+3.0	+2.2	+3.3	+2.5	+3.8	+3.0
BNP	+1.4	+0.8	+2.0	+1.3	+2.1	+1.4	+2.5	+1.8
-----								
Elanvändning	+0.4	-0.1	+1.5	+0.9	+1.6	+1.0	+2.2	+1.7
Bränsleanvändning	-1.3	-1.1	+0.2	+0.0	+0.3	+0.0	+2.1	+1.7
Total energi	-1.0	-0.9	+0.5	+0.3	+0.5	+0.3	+2.1	+1.7
Antal sysselsatta	+0.9	-0.0	+1.1	+0.1	+1.1	+0.0	+1.1	+0.1

privata konsumtionens utveckling på lång sikt är ännu större (-0.5% till +1.4% per år). Den offentliga konsumtionen växer långsiktigt med 1.0-1.5% per år. Användningen av el och energi totalt beskrivs i figur 3.4. Den faktiska utvecklingen mellan 1975 och 1980 följer i stort sett krisscenarioet men med klara tecken på överkonsumtion (hög privat och offentlig konsumtion, hög import) och underproduktion (låg BNP, låg export). Detta konstaterande är inte oväntat

eftersom scenarieförutsättningarna i krisfallet kan ses som en förlängning av förutsättningarna under 1970-talets senare hälft. Den senaste långtidsutredningens två huvudalternativ för utvecklingen 1980-1990 tillsammans med det faktiska utfallet 1975-1980 innebär för perioden 1975-1990 utvecklingsförlopp som ligger mellan våra framtidsbilder I och II.

### Regionala framtidsbilder

Vi skall först kommentera den långsiktiga utvecklingen av industrisysselsättning, privat konsumtion och total energianvändning i varje riksområde enligt våra fyra scenarier, se tabell 3.4. Industrisysselsättningen minskar med 0.6-1.7% per år i samtliga scenarier och regioner. Minskningen är snabbast i obalansscenarierna (I och II). Det regionala mönstret är tämligen stabilt : snabbaste strukturomvandlingen sker i Sydsverige och långsammaste i Norra mellansverige. Den privata konsumtionen utvecklas klart långsammare än riksgenomsnittet i Stockholm och Övre Norrland. Västverige och Småland uppvisar en snabbare utveckling av den privata konsumtionen

Tabell 3.4: Långsiktig utveckling 1975-2020 av industrisysselsättning (IS), privat konsumtion (PK) och total energianvändning (TE) i fyra regionala framtidsbilder enligt MORSE (årlig procentuell förändring).

	I KRIS			II OBALANS			III BALANS			IV TILLVÄXT		
	IS	PK	TE	IS	PK	TE	IS	PK	TE	IS	PK	TE
Stockholm	-1.6	-0.9	-0.8	-1.6	-0.2	+0.2	-1.2	+0.2	+0.1	-1.2	+0.9	+1.5
Östra mellansverige	-1.3	-0.4	-0.7	-1.4	+0.4	+0.4	-1.0	+1.0	+0.4	-1.1	+1.4	+1.8
Småland med Öarna	-1.6	-0.2	-0.9	-1.6	+0.4	+0.0	-1.2	+1.2	+0.2	-1.3	+1.5	+1.5
Sydsverige	-1.7	-0.4	-1.0	-1.7	+0.1	+0.0	-1.3	+0.9	+0.1	-1.3	+1.5	+1.6
Västverige	-1.5	-0.3	-0.9	-1.6	+0.6	+0.3	-1.2	+1.1	+0.2	-1.3	+1.8	+1.8
Norra mellansverige	-0.8	-0.4	-0.7	-1.0	+0.2	+0.4	-0.6	+0.9	+0.6	-0.7	+1.4	+2.0
Nedre Norrland	-1.4	-0.9	-1.2	-1.5	+0.2	+0.1	-1.1	+0.5	+0.1	-1.2	+1.2	+1.5
Övre Norrland	-1.4	-1.0	-1.0	-1.5	-0.0	+0.3	-1.1	+0.3	+0.3	-1.1	+1.0	+1.8
Sverige	-1.4	-0.5	-0.9	-1.5	+0.2	+0.3	-1.1	+0.8	+0.3	-1.2	+1.4	+1.7

än övriga regioner i samtliga scenarier. Vi noterar också att det regionala mönstret vad gäller privat konsumtions-tillväxt skiljer sig något mellan de fyra framtidsbilderna. Förändringen av den totala energianvändningen påverkas av både näringslivets och konsumtionens utveckling. Det är därför knappast överraskande att de regionala skillnaderna i energianvändningens tillväxt uppvisar ett mönster som liknar både industrisysselsättningen och den privata konsumtionens utveckling. De regionala skillnaderna i den totala energianvändningens tillväxt är dock tämligen små (ca 0.5% per år).

En studie av hur de regionala andelarna av Sveriges totala produktion, konsumtion, sysselsättning och energianvändning utvecklas i de fyra framtidsbilderna visar mycket stor regional stabilitet. Detta beror dels på att de regionala sysselsättningsrestriktionerna inte medger drastiska omfördelningar och dels på vårt antagande om stabila regionala leveransmönster och stabila regionala skillnader i produktionsteknik, konsumtionsmönster och utrikeshandel. Den största förändringen avser omfördelning av konsumtion från Stockholmsregionen till Väst-sverige.

Som avslutning skall vi redovisa något mera detaljerade resultat för Stockholmsregionen. Tabell 3.5 visar hur den regionala försörjningsbalansen för Stockholms län utvecklas i var och en av framtidsbilderna. Den långsiktiga utvecklingen av den privata konsumtionen är ca 0.5% lägre än riksgenomsnittet och varierar i de olika framtidsbilderna mellan -1% och +1% per år. Även den offentliga konsumtionens tillväxt är lägre än riksgenomsnittet men ligger omkring +1% per år i samtliga scenarier. På kort sikt uppvisar Stockholmsregionen en snabbare konsumtionsutveckling än övriga regioner i tre av fyra framtidsbilder. Endast i krisscenariet understiger Stockholmsregionens kortsiktiga konsumtionsutveckling riksgenomsnittet.

Tabell 3.5 och 3.6 visar att även sysselsättningen växer

snabbt i Stockholmsregionen på kort sikt enligt tre av fyra framtidsbilder. Endast i krisscenariet är Stockholmsregionens sysselsättningstillväxt svagare än riksgenomsnittet. Den faktiska utvecklingen av Stockholmsregionens sysselsättning 1975-1979 (+0.6% per år) ligger närmare krisscenariet än övriga framtidsbilder. På nationell nivå finner vi att den långsiktiga sysselsättningsnivån påverkas positivt av förbättrade tillväxtförutsättningar

Tabell 3.5: Utveckling av Stockholmsregionens försörjningsbalans på kort och lång sikt enligt MORSE i fyra framtidsbilder

	I KRISEKONOMI		II EKONOMI I OBALANS		III EKONOMI I BALANS		IV TILLVÄXTEKONOMI	
	75-90	75-20	75-90	75-20	75-90	75-20	75-90	75-20
Privat konsumtion	-1.2	-0.9	+1.2	-0.2	+1.9	+0.2	+2.3	+0.9
Offentlig konsumtion	+0.6	+0.9	+2.5	+1.1	+2.1	+0.8	+2.3	+0.9
Bruttoinvesteringar	-2.1	+0.5	+2.2	+1.2	+2.3	+1.2	+3.4	+2.2
Export, utrikes	+3.8	+2.2	+3.9	+2.5	+4.4	+2.8	+4.3	+3.0
Export, inrikes	+1.0	+0.5	+1.6	+1.1	+1.9	+1.4	+2.4	+2.0
Import, utrikes	+1.9	+1.4	+2.9	+2.0	+3.3	+2.3	+4.1	+3.0
Import, inrikes	-0.0	+0.1	+1.7	+0.7	+2.2	+1.0	+2.6	+1.5
BRP	+0.7	+0.6	+2.0	+1.0	+2.1	+1.1	+2.4	+1.4
Elanvändning	-0.5	-0.4	+1.4	+0.6	+1.4	+0.5	+1.9	+1.2
Bränsleanvändning	-1.9	-1.0	+0.7	+0.1	+0.8	-0.1	+2.5	+1.6
Total energi	-1.6	-0.8	+0.8	+0.2	+0.9	+0.1	+2.4	+1.5
Antal sysselsatta	+0.3	-0.0	+1.4	+0.0	+1.4	-0.0	+1.4	-0.0



(jämför I och II, III och IV). Ändå kännetecknas resultaten av en markerad sysselsättningsstopp på 1990-talet, vilket sammanhänger med vårt antagande att 30-timmars arbetsvecka genomförs till sekelskiftet. Industrisysselsättningen upprätthålls i stort sett till 1990 men minskar sedan snabbt i både Stockholmsregionen och riket. Minskningen är något långsammare i de framtidsbilder (III och IV) som kännetecknas av intern och extern balans. Tjänstesektorerna uppvisar maximal sysselsättning kring sekelskiftet.

Tabell 3.6: Sysselsättning i Stockholm och riket enligt MORSE i fyra framtidsbilder

SYSSELSÄTTA I 1000-TAL													
	1975	I			II			III			IV		
		1990	2005	2020	1990	2005	2020	1990	2005	2020	1990	2005	2020
Stockholm													
Industri	124	112	91	61	118	92	62	127	104	74	125	101	72
Tjänster	608	665	690	675	790	829	702	779	736	662	779	813	659
Övrigt	78	72	67	63	95	81	62	97	74	63	99	88	68
Totalt	810	849	848	799	1003	1002	826	1003	914	799	1003	1002	799
Sverige													
Industri	989	914	771	519	921	740	506	991	838	613	965	792	586
Tjänster	2337	3061	3189	3064	3180	3469	3278	3095	3250	2932	3117	3371	3130
Övrigt	694	632	508	430	660	556	440	675	589	468	679	602	491
Totalt	4020	4607	4468	4013	4761	4765	4224	4761	4677	4013	4761	4765	4207

### 3.6 Avslutning

Vi har tecknat fyra olika framtidsbilder på nationell och regional nivå som svarar mot alternativa förutsättningar beträffande global energiekonomisk utveckling och svensk ekonomisk politik. Vår metodik medger även analys av förändrade regionala produktions-, konsumtions- och leveransmönster. Känslighetsanalyser har visat att förändrade leveransmönster i riktning mot större eller mindre grad av regional självförsörjning har stor inverkan på den regionala strukturen, se Lundqvist (1981, 1983). En avgörande svårighet härvidlag är att formulera samstämmiga förutsättningar beträffande förändringarna i regionala produktions-, konsumtions- och leveransmönster.

För kommunal och regional energiplanering kan våra framtidsbilder bidra med information om hur t.ex. konsumtion, sysselsättning och energianvändningens huvuddrag påverkas av alternativa energiekonomiska förutsättningar. I kapitel 6 visar vi hur denna typ av information kan utnyttjas som underlag för analys av långsiktiga markanvändningsalternativ.

### 3.7 Litteratur

- Lundqvist, L, 1981, Multisectoral and multiregional analysis of a small open economy - the Swedish case. Uppsats presenterad vid konferensen "Structural economic analysis in time and space", Umeå.
- Lundqvist, L, 1983, Metoder för analys och planering av bebyggelse- och transportsystem, Rapport R6:1983, Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Lundqvist, L, 1984a, Framtidsbilder för Stockholmsregionen - nationella och regionala perspektiv på socioekonomisk utveckling och energianvändning. Delrapport till REGI-projektet, Samhällsplaneringsgruppen, Stockholm.
- Lundqvist, L, 1984b, National/regional implications of global energy scenarios. Uppsats presenterad vid konferensen "Second International Congress of Arts and Sciences, Regional Science Sessions, Rotterdam
- Lundqvist, L, Strömquist, U, 1984, Internationella energiperspektiv. Delrapport till REGI-projektet, Samhällsplaneringsgruppen, Stockholm.

#### 4. LOKALISERINGSMÖNSTER OCH ENERGI FÖR PERSONTRANSPORTER

En diskussion av internationell litteratur

Lars-Göran Mattsson

##### 4.1 Inledning

Oljekrisen 1973-74 med embargo och fyrfaldig höjning av råoljepriserna klargjorde drastiskt det moderna samhälls känslighet och sårbarhet. Den förnyade kraftiga höjningen 1979-80 med en fördubbling av priserna bekräftade uppfattningen att tiden för obegränsad tillgång på billig olja var förbi. En intensiv utveckling för att bättre hushålla med energin har blivit följd. Statsmakterna har särskilt betonat betydelsen av att minska oljeberoendet och oljeanvändningen. Samfärdseln är en sektor där detta beroende är speciellt starkt. Medan oljeandelen i slutlig energianvändning totalt sett var 64 procent 1979 och enligt en prognos väntades sjunka till 50 procent 1990 var andelen för transporter så hög som 97 procent 1979 och förväntades enligt samma prognos i stort sett ligga kvar på denna nivå 1990 (SIND, 1980).

Det finns en rad möjligheter att minska energiåtgången för transporter. Det kanske mest direkta sättet går via en förbättring av de olika fordonslagens energieffektivitet. Men det är också uppenbart att det finns betydelsefulla indirekta möjligheter. Så finns ju intrikata samband mellan den rumsliga organisationen av olika aktiviteter och det transportmönster som blir följd. Det öppnar vägen för att via utformningen av den fysiska strukturen påverka energianvändning (Owens, 1979).

Ett antal studier som behandlar dessa aspekter har presenterats i den internationella litteraturen. Syftet med detta kapitel är att kortfattat diskutera några av dem både när det gäller deras policyslutsatser och den metodik de utnyttjat. Vi kommer att begränsa oss till persontransporter och tillämpningarna kommer att med ett undantag gälla större tätorter.

Först tar vi upp några studier som syftar till att finna empiriska samband mellan t.ex. energiåtgång per invånare och olika indikatorer som tätortsstorlek, grad av centralisering av arbetsplatser, täthet i bostadsområden och utbyggnad av kollektivtrafik. Därefter tar vi upp några uppsatser där alternativa lokaliseringar av t.ex. bostäder, arbetsplatser och service utvärderas med avseende på energianvändning. För att beräkna vilket resande olika alternativ ger upphov till utnyttjas i allmänhet någon form av matematisk modell för resebeteendet. Slutligen diskuteras några optimeringsansatser där syftet är att finna den lokalisering av olika aktiviteter som minimerar energianvändningen eller maximerar något mått på välfärden av relevans för energiåtgången. Dessa ansatser resulterar i problem av typen matematisk programmering. Utan att hårdra det finns det en viss parallellitet mellan de olika avsnitten och den uppdelning av modeller på beskrivande, förutsägande och föreskrivande som ibland brukar göras (Sharpe, Roy och Taylor, 1982).

#### 4.2 Empiriska samband mellan markanvändning och energi

I en intressant empirisk studie i USA reser Cheslow och Neels (1980) frågan i vilken utsträckning transportmönster och energianvändning kan modifieras genom ändrad markanvändning. Deras urval består av drygt 200 bostadsområden fördelade på 8 städer, vars befolkning varierar mellan 400 000 och 8 milj. invånare. De genomför en serie statistiska analyser. Syftet är att finna samband mellan olika transportindikatorer och två mått på bostads-

områdets markanvändning: befolkningstäthet och avstånd till stadskärnan.

Först finner de att tillgängligheten till kollektivtrafik (mätt som befolkningsandel med högst 400 m till kollektivtrafiklinje) är positivt relaterad till tätheten och negativt relaterad till avståndet till stadskärnan medan omvända relationer gäller för den genomsnittliga bilhastigheten och bilinnehavet. Dessa beroende variabler betraktas sedan som oberoende variabler tillsammans med de två markanvändningsmått och vissa socioekonomiska variabler (hushållsstorlek, inkomst, andel svarta) i skattningar där de beroende variablerna är resefrekvens, reslängder, kollektivtrafikandel och antal passagerare per bil. Med hjälp av dessa skattade samband kan markanvändningseffekter på genomsnittliga bilreslängder studeras, såväl de direkta som de indirekta effekterna via förändringar i kollektivtrafikens tillgänglighet, hastigheter och bilinnehav. Tabell 4.1 sammanfattar resultaten i form av effekten på bilreslängder (=VMT= automobile vehicle miles traveled) vid en ökning av befolkningstätheten med en standardavvikelse från genomsnittsvärdet och en motsvarande minskning av avståndet till stadskärnan. Totaleffekten är en minskning av bilarnas körsträckor med en tredjedel.

Slutligen beräknas den dagliga energianvändningen för några olika alternativ (tabell 4.2). Som framgår pekar de erhållna sambanden på en minskning av energianvändning för resor med mer än 40 procent för boendetäta områden nära stadskärnan jämfört med glesa perifera områden.

I en analys för Torontoregionen i Kanada utvärderar Levinson och Strate (1981) befolkningstäthetens samband med energiåtgång både för resor och bostäder. De finner (se figur 4.1) att energi sparas med tätare bebyggelse såväl för transporter (färre fordonsresor och större kollektivtrafikdel) som för boende

Tabell 4.1 Impacts on automobile vehicle miles of travel of a variation of 1 SD in density and distance to CBD. (VMT= automobile vehicle miles traveled)

Variable	Mean value	SD	Path of Influence	Direction and Size of Effect on VMT <sup>a</sup> (%)
Density	8026 persons/mile <sup>2</sup>	7270	Direct effect on vehicle trip frequency	-13
			Indirect effect on vehicle trips via automobile ownership	-4
			Indirect effect on vehicle trips via average automobile speed	<0.5
			Direct effect on average trip length	-3
			Indirect effect on trip length via average automobile speed	-3
			All direct and indirect effects on transit share of trips	-1
			All direct and indirect effects on trip frequency	<0.5
Distance to CBD	7.2 miles	5.4	Direct effect on trip length	-14
			Indirect effect on trip length via average automobile speed	-4
			All direct and indirect effects	-33 <sup>b</sup>
Total				

<sup>a</sup>Evaluated at mean VMT.

<sup>b</sup>Less than the sum of the individual effects, each of which is measured against the sample average VMT.

Källa: Cheslow och Neels (1980)

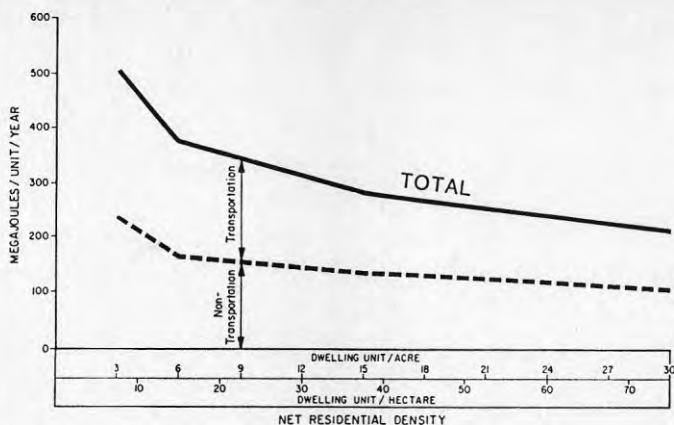
Tabell 4.2 Representative daily energy use per household for a neighborhood.

Metropolitan Area	Inner High Density	Fringe High Density	Fringe Low Density
Daily Fuel Use (gal)			
Los Angeles	3.7	5.2	6.9
Average area	2.3	3.1	4.3
Youngstown	1.6	2.1	2.8

Källa: Cheslow och Neels (1980)

(= nontransport i figuren). Den sistnämnda effekten hänger samman med att både energiåtgången per våningsyta och våningsytan per lägenhet antas bli lägre i tätbebyggda bostadsområden.





Figur 4.1 Estimated effect of residential density on energy consumption.

Källa: Levinson och Strate (1981)

De sammanfattar sina rekommendationer för en transport- och markanvändning inriktad på energihushållning i följande punkter:

1. Provide residential densities in all parts of the region that can support transit;
2. Concentrate new urban development along major transit corridors and around suburban centers;
3. Increase multifamily residential construction throughout the metropolitan area;
4. Improve the balance between people and jobs in all parts of the metropolitan area.
5. Increase the mix and integration of land use;
6. Provide closer residential developments on smaller lots and locations where houses can be served by public transport;
7. Encourage infilling of vacant parcels within the central city and its surrounding suburbs, especially with uses that enhance functional integration; and
8. Encourage mixed-use buildings where large office, shopping, and residential complexes are combined into single structures".

(Levinson och Strate, 1981)

Newman och Kenworthy (1980) har studerat sambandet mellan markanvändning och energiåtgång för persontransporter för de fem största städerna i Australien. De genomför ett stort antal korrelationsanalyser mellan dels totala transportenergianvändningen per invånare, dels den del därav som kan hänföras till privata fordon och olika indikatorer för dessa städer. Att arbeta med en så stor geografisk enhet som stad medför vissa problem. De tvingas därför ibland utesluta en stad med vissa speciella egenskaper (Brisbane) för att få signifikanta samband.

De finner att energianvändningen per invånare för de fem städerna samvarierar med bilinnehavet på ett sätt som inte kan förklaras enbart med skillnader i inkomstnivån. Vidare är per capitaanvändningen av energi lägre för stora städer än för små, oberoende av om storleken mäts i yta eller i antal invånare. Detta något förbryllande resultat kan, menar författarna, ha sin förklaring i samvariation med andra variabler mera fundamentala för transportmönstret. Slutligen prövar de korrelationen mellan energianvändning och olika transport- och markanvändningsindikatorer. De finner stöd för den i litteraturen vanliga uppfattningen att hög befolkningstäthet samvarierar med låg per capitaanvändning av energi för transporter. Dessutom tenderar låg energiåtgång att hänga samman med hög arbetsplatstäthet i stadskärnan med dålig tillgång på parkeringsplatser och med trängsel på infartslederna.

Sammfattningsvis menar författarna att den 20-procentiga skillnaden i energianvändning per invånare de funnit mellan de olika städerna kan förklaras i markanvändningstermer. En bättre energihushållning kan nås genom en ökning av befolkningstätheterna och en koncentration av markanvändningen samt genom att biltrafiken utsätts för mer restriktioner (sämre parkeringsmöjligheter, större trängsel) samtidigt som det kollektiva trafiksystemet förbättras.

Keyes (1982) representerar en metodmässigt annorlunda ansats. I stället för att försöka finna variabler som förklarar resmönstret skattar han direkt deras samband med bensinförsäljningen. Han utgår då från försäljningsstatistik för 1972 för ett urval (varierande i storlek mellan 15 och 49) av stadsområden i USA med minst 100 000 invånare.

Samvariationen mellan försäljningen per invånare och ett antal stadsstrukturvariabler, transportvariabler och ekonomiska variabler (inkomstnivå och bensinpris) prövas med hjälp av stegvis regressionsanalys. De högsta förklaringsvärdena uppnås för samband där per capita försäljningen samvarierar positivt med totalantalet invånare och andelen arbetsplatser i stadskärnan resp. negativt med befolkningsandelen i delområden med minst 10 000 invånare per engelsk kvadratmil (38,6 inv/ha). Författaren drar härav slutsatsen att städer av måttlig storlek med koncentrationer av tätbefolkade områden kan förknippas med lägre bensinförbrukning per invånare än övriga. Skillnaderna är emellertid ganska små. En samtidig ökning av befolkningsandelen i tätbefolkade områden och en minskning av andelen arbetsplatser i stadskärnan med en standardavvikelse skulle leda till en 12-procentig minskning av bensinförbrukningen enligt ett av de skattade sambanden.

Sammanfattningsvis finns det en god överensstämmelse mellan de citerade studierna i att det finns ett empiriskt samband mellan hög befolkningstäthet och låg energianvändning för transporter. Man bör dock vara försiktig med att tolka det empiriska sambandet som ett orsakssamband. När man ändå gör det brukar man peka på att en koncentration av befolkningen minskar antalet motorfordonsresor (närhet till service och arbete kan göra gång och cykling attraktivt), ökar kollektivtrafikandelen (högre täthet möjliggör ett väl utbyggt kollektivtrafiknät på samma gång som trängseln i vägnätet och parkeringssvårigheterna tenderar att öka), samt minskar reslängderna (olika behov kan tillfredsställas närmare

bostaden). Alla dessa effekter minskar energiåtgången för transporter. Den nackdel som vissa författare nämnt är att trängseln i vägnätet drastiskt kan försämra energieffektiviteten för bilresor.

#### 4.2 Utvärdering av alternativa lokaliseringsmönster

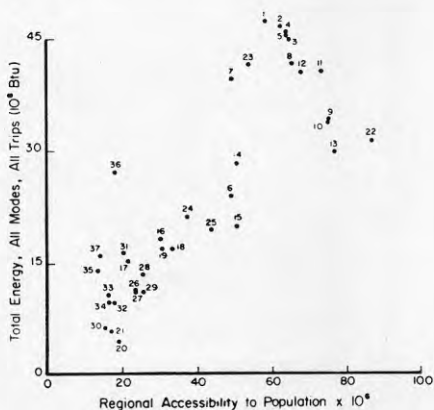
Det föregående avsnittet antydde att den rumsliga separationen av boende och arbete kan vara en viktig bestämningsfaktor för den energi som åtgår för persontransporter. Här skall diskuteras några ansatser som tagits fram med syfte att kunna belysa denna fråga. Gemensamt för dem är att man utgår från en hypotetisk lokalisering av företrädesvis bostäder och arbetsplatser. Med hjälp av olika matematiska modelleringsansatser beräknas det resulterande resmönstret (reslängder, färdmedelsfördelning). Energianvändningen, slutligen, baseras på antaganden om de olika färdmedlens energieffektivitet. Genom att pröva alternativa lokaliseringar kan man på ett pseudoexperimentiellt sätt studera samband mellan stadens form eller struktur och den därmed förknippade energianvändningen. Giltigheten av dessa samband hänger självfallet samman med i vilken grad de matematiska modeller som utnyttjas verkligen representerar ett realistiskt beteende.

Baserad på data från en mindre stad i USA - Sioux Falls i Syddakota med 95 000 invånare - utnyttjar Edwards (1977) och Edwards och Schofer (1976) en s.k. Lowry-modell för att studera samband mellan en stads form och energiåtgång i en serie experiment.

En Lowry-modell utgår från en given lokalisering av s.k. basarbetsplatser. Omkring dessa antas bostäder och servicearbetsplatser lokalisera sig enligt mönster typiska för arbets- resp. serviceresor. Genom att variera attraktionsvikterna i de matematiska funktioner som används för att generera dessa mönster, och genom att variera lokaliseringen av basarbetsplatserna kan täta eller utspridda stadsstrukturer skapas. På samma gång

får man motsvarande resematriser för arbets- och serviceresor. Dessa har i denna studie fördelats på färd-sätt enligt för varje experiment på förhand givna andelar för resp. bostadsområde och restyp. En översättning till energiåtgång sker med antaganden om de olika färd-sättens energieffektivitet.

Figur 4.2 visar det samband mellan energiåtgång och ett mått på regional tillgänglighet<sup>1</sup> författarna fick i sina experiment. En första observation är att det råder stor spridning i energiåtgången. De lokaliseringsmönster som kännetecknas av utspridd markanvändning är även de som kräver mest energi. Så är energiåtgången för experiment 1-5, som är de med störst spridning i lokaliseringen av arbetsplatser och bostäder, omkring 10 gånger högre än för den minst energikrävande strukturen (experiment 20). Vidare gäller att de experiment där bil är enda färd-sättet (1-13, 22-25, 36) nästan undantagslöst har högre energiåtgång än de övriga.



Figur 4.2 Total daily energy and regional accessibility<sup>1</sup> to population for each experiment.

Källa: Edwards (1977)

<sup>1</sup>Den regionala tillgängligheten mäts här som  $\sum_{i,j} p_i f_{ij}$ , där  $p_i$  är antalet invånare i zon  $i$  och  $f_{ij}$  är värdet på motståndsfunktionen för arbetsresor mellan zonerna  $i$  och  $j$ .

Sammanfattningsvis identifierar författarna tre viktiga faktorer för att förklara energianvändningen: transport-systemets servicenivå, kollektivtrafikens roll och stadens form. Den sista faktorn har åtminstone fyra dimensioner: den geometriska formen, den geografiska utsträckningen, graden av koncentration av bostäder resp. arbetsplatser till stadskärnan.

En mer ambitiös ansats för energiutvärdering som även medger jämförelser av bebyggelsemönster över tiden presenteras i de la Barra och Rickaby (1982). Metodmässigt har den sina rötter i Lowry-modellen och input-output-teori. Den består av två delar: en markanvändningsmodell och en transportmodell. Dessa är kopplade så att lokaliseringen av bostäder och arbetsplatser samt pendlingsmönster från markanvändningsmodellen för en tidsperiod tjänar som underlag för transportmodellens beräkning av restider, reskostnader och färdmedelsfördelade arbets- och serviceresematriser, vilka i sin tur utgör ingångsvärden för markanvändningsmodellen i nästa tidsperiod osv.

I utvärderingsdelen tas tabeller fram som beskriver dels de olika områdenas "på plats"-energiåtgång till följd av vilka aktiviteter som lokaliseras där, dels "mellanplats"-energiåtgången för de olika slagen av persontransporter.

Ansatsen är intressant men någon praktisk prövning har ännu inte rapporterats. En datorbaserad version har dock implementerats. Avsikten är att jämföra olika bebyggelsemönster som på teoretisk grund förefaller vara energieffektiva med ett empiriskt framtaget basalternativ.

Owens (1984) studerar energikonsekvenserna av olika tillväxtmönster för arbete och bostäder i en tillämpning på ett mindre landsbygdsområde (omkring 28 000 invånare) i England. Bakgrunden är en strukturplan för området som rest den strategiska frågan om man skall sprida ut bostäder, arbetsplatser och service till de små byarna



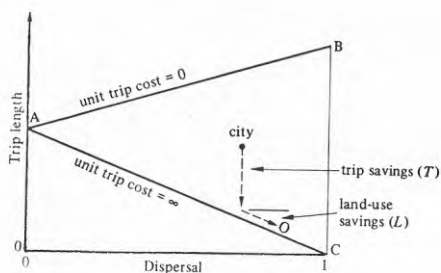
eller koncentrera dem till ett fåtal större orter.

Owens studerar endast energiåtgången för arbetsresor. Givet en viss framtida lokalisering av arbetsplatser och bostäder beräknas en pendlingsmatris med hjälp av en s.k. dubbelt begränsad gravitationsmodell. Resorna fördelas därefter på färdmedel enligt andelar som beror på resans längd och energiåtgången fås på sedvanligt sätt med hjälp av antaganden om resp. färdmedels energi-effektivitet. Effekten av olika grad av koncentration av nya bostäder och arbetsplatser prövas med hänsyn till ökad/minskad roll för bilen som transportmedel och - vilket visar sig få störst betydelse - med hänsyn till hur avskräckande avstånd kan tänkas upplevas i framtiden (variation av parametern för avståndskänslighet i gravitationsmodellen).

Resultaten är inte entydiga. Den rent rumsliga separationen av arbetsplatser och bostäder (mätt som medelresvägen om alla oavsett yrke, tillordnades närmsta arbetsplats) minskar om nya bostäder koncentreras medan nya arbetsplatser sprids ut. För alla prövade arbetsplatsfördelningar minskar energiåtgången om boendet koncentreras. När det gäller arbetsplatserna fås den minsta energiåtgången vid en lagom utspridning av dessa. Vad som är lagom bestäms såväl av hur koncentrerade bostäderna är som av hur avskräckande långa resor upplevs: ju mer avskräckande desto mer utspridning av arbetsplatserna. Detta innebär att det inte finns någon struktur som är självklart bäst ur energisynpunkt. Vilken struktur som faktiskt kommer att bli energiminimerande beror på befolkningens framtida benägenhet att pendla långa sträckor. Däremot leder den i området pågående trenden i form av koncentration av arbetsplatserna och utspridning av bostäderna entydigt till en mer energikrävande struktur.

Det finns en intressant koppling mellan Owens slutsatser och den "urbana triangel" som Brotchie (1984) har introducerat. Han tänker sig t.ex. en stad representerad av

två mått, ett som beskriver samspelet mellan olika aktiviteter (t.ex. genomsnittligt pendlingsavstånd) och ett som är relaterat till stadens form (t.ex. grad av utspridning av arbetsplatserna). Om för ett givet boendemönster alla arbetsplatser är koncentrerade till centrum (utspridning=0) bestäms medelpendlingsavståndet av medelavståndet från bostäderna till centrum (A i figuren). Om arbetsplatserna successivt sprids ut för att alltmer närma sig boendemönstret (utspridning=1) växer gapet mellan minsta och största tänkbara genomsnittliga pendlingsavstånd. Det minsta representeras av ett beteende där alla arbetar vid närmsta möjliga arbetsplats (unit trip cost =  $\infty$ ) medan det största motsvarar att arbetsplats väljs slumpmässigt i staden (unit trip cost = 0). Den viktiga slutsatsen är: För att en energibesparing på grund av en utglesning av arbetsplatserna faktiskt skall förverkligas krävs också en motsvarande förändring av beteendet vid val av arbetsplats.



Figur 4.3 Den urbana triangeln.

Källa: Brotchie (1984)

#### 4.4 Optimerande lokaliseringmönster

Vi skall slutligen ta upp några studier som använder sig av optimeringsmetoder för att välja ut ett lämpligt lokaliseringmönster.

Först diskuteras två tidiga ansatser (Schneider och Beck, 1974, samt Barber, 1976) där valet av markanvändning och lokalisering av olika aktiviteter betraktas som ett flerdimensionellt problem.

Schneider och Beck tänker sig i sin modellformulering transportsystemet representerat av ett nätverk där bostäder (egentligen förvärvsarbetande) och arbetsplatser kan lokaliseras till noderna inom vissa givna undre och övre gränser. Givet en sådan lokalisering antas resandet följa en ensidigt begränsad gravitationsmodell. De ställer upp fyra olika optimeringskriterier: restid för arbetsresor, viktad tillgänglighet till arbete,<sup>1</sup> medelantal och maximalt antal resande på nätverkets olika länkar. För vart och ett av kriterierna får man ett icke-linjärt optimeringsproblem.

Modellen tillämpas på västra delen av King County, Washington, USA, representerad med ett nätverk bestående av 12 noder. De betraktar endast ett färdssätt: bil. Genom att utnyttja ett enkelt men föga övertygande heuristiskt sökförfarande får de fram lokaliseringar som är bättre än existerande struktur enligt samtliga optimeringskriterier. Genom att flytta mellan en tredjedel och hälften av befolkningen och omkring en tredjedel av arbetsplatserna så att en bättre balans uppnås skulle enligt dessa beräkningar restiden och medelantalet resande såväl som maxantalet resande på länkarna kunna halveras samtidigt som tillgängligheten förbättras betydligt.

Barber (1974) tänker sig att en given mängd av ett antal olika markanvändningar (som bostäder, arbetsplatser, affärer och skolor) skall lokaliseras till zoner i ett område utan att någon zons marktillgång överskrids.

<sup>1</sup>Viktad tillgänglighet till arbete definieras här som  $\sum_{i,j} p_i a_j / t_{ij}^2$ , där  $p_i$  = antal förvärvsarbetande i zoni;  $a_j$  = antal arbetsplatser i zon j;  $t_{ij}$  = restiden mellan i och j.

Lokaliseringen av de olika markanvändningarna ger upphov till resande som även i detta fall beskrivs med en ensidigt begränsad gravitationsmodell. Tre optimeringskriterier definieras: kostnad för markexploatering, energianvändning för transporter och ett mått på de boendes kontaktkostnad<sup>1</sup> för att nå olika aktiviteter. Detta leder till tre icke-linjära minimeringsproblem.

Barber tillämpar sin ansats på Germantown, Wisconsin, USA, för år 1990. Området delas in i 9 zoner. Alla resor förutsätts ske med bil. Minimering av vart och ett av kriterierna för sig leder till lösningar där de andra kriterierna avviker betydligt från sina lägsta möjliga nivåer. Goda kompromissalternativ kan dock genereras som till i stort sett samma exploateringskostnad som en antagen plan för 1990 skulle ge 20 procent lägre energianvändning och drygt 15 procent lägre kontaktkostnad.

Båda studierna har dock sina metodmässiga brister. Den geografiska representationen är mycket grov. Endast ett färdmedel betraktas. En ensidigt begränsad gravitationsmodell är orealistisk i så måtto att totalantalet arbetsresor in till ett område inte nödvändigtvis kommer att överensstämma med antalet arbetande där. Ansatserna bör därför snarast ses som första steg än som färdigutvecklande modelltyper.

Sharpe (1978, 1980, 1982) och Sharpe, Brotchie och Roy (1982) har i en serie uppsatser studerat sambandet mellan form och transportenergi för Melbourne i Australien. De utnyttjar det generella planeringssystemet TOPAZ (Technique for the Optimum Placements of Activities into Zones). TOPAZ lokaliserar ett antal samspelande aktiviteter (t.ex. bostäder, arbetsplatser, skolor och affärer) till zoner i ett område. Zonerna är förenade via ett transportnät.

<sup>1</sup>Kontaktkostnaden definieras här som  $\sum_{i,j,k} x_{ij} d_{ij} x_{kj}$ , där  $x_{kj}$  = mängd av markanvändning (aktivitet)  $k$  i zon  $j$  (boende motsvarar  $k=1$ ) och  $d_{ij}$  är avståndet mellan zonerna  $i$  och  $j$ .

Lokaliseringen kan ske i olika tidssteg och enligt ett eller flera kriterier, t.ex. minimering av transportkostnad, minimering av exploaterings- och driftskostnad eller en kombination av dessa. Formuleringen leder till ett icke-linjärt optimeringsproblem som löses med ett iterativt linjär-programmeringsförfarande. TOPAZ kan också användas för att utvärdera föreslagna planalternativ.

För att studera Melbournes framtida energianvändning och för att utvärdera möjligheterna att minska energiåtgången har TOPAZ utnyttjats för en serie experiment avseende år 2000 med varierande scenarieförutsättningar (se tabell 4.3). Gemensamt för alla alternativen är ett antagande om att befolkningen ökar från 2,7 milj.(1977) till 3,5 milj.(2000).

Tabell 4.3 Energiåtgång för transporter avseende några olika scenarier för Melbourne.

Scenario	Per capita consumption (GJ per annum)			Indexed consumption (base: scenario 2)	% using public transport	Average trip distance (km)	Average trip time (min)
	private	public	total				
1 Existing conditions (1977)	47	2	49	84	15	11.4	23
2 Business as usual (2000)	55	3	58	100	15	11.7	23
3 Energy crisis(2000)							
(a) vehicle operating cost tripled	47	6	53	91	32	11.8	26
(b) vehicle occupancy increased 50%	46	2	48	83	10	11.6	22
(c) medium-density development	49	3	52	90	15	10.4	22
(d) shorter trips	37	3	40	69	17	7.2	16
(e)(a)+(b)+(c)+(d)	29	4	33	57	18	7.2	16

Källa: Sharpe (1980)

Sammanfattningsvis pekar resultaten på att energianvändningen kommer att öka väsentligt fram till år 2000 om inte pågående trender bryts och livsstilar ändras (business as usual). Huvudorsaken är den ökande befolkningen och att de bostäder som krävs för att härbärgera den, enligt aktuella trender lokaliseras till glesa ytterområden, som huvudsakligen måste förlita sig på långa och energikrävande bilresor. Den sammantagna effekten av samtliga faktorer i energikrisalternativet innebär dock en reducering av energiåtgången med 40 procent. Det är följden av kortare resor, högre beläggningsgrad för bilarna och större kollektivtrafikandel.<sup>1</sup> Möjligheterna att via markanvändningspolitiken främja dessa förändringar är dock begränsade. I icke obetydlig omfattning måste de bli följden av upplevda högre energikostnader och ändrade livsstilar.

Den diskuterade tillämpningen innehåller ingen direkt energioptimering. I en senare uppsats (Sharpe, Roy och Taylor, 1982) diskuteras dock hur energiminimering direkt skulle kunna integreras i optimeringsmodeller för markanvändning.

Vi skall nu ta upp en optimeringsansats som direkt syftar till att finna en transportenergieffektiv fördelning av urbana aktiviteter i en stad (Romanos, Hatmaker och Prastacos, 1981). Studien har idémässiga likheter med Schneiders och Becks (1974) ansats för restidsminimering och Barbers (1976) ansats för energiminimering. Den är dock mer utvecklad i åtminstone två avseenden. Dels kan flera transportsätt hanteras, dels genereras resmönstret enligt en dubbelt begränsad gravitationsmodell.

<sup>1</sup>En besynnerlighet i resultaten är att trefaldigade bilkostnader (scenario 3a) leder till längre i stället för kortare resor. Det beror förmodligen på att man i modellen skilt på destinationsvalet och färdmedelsvalet. Bilkostnaderna har endast tillåtits påverka det sistnämnda valet.



Det sista innebär att man för en viss allokering av urbana aktiviteter bara betraktar sådana resmönster, som stämmer med det antal resor till och från resp. zon som man antagit att de olika aktiviteterna ger upphov till. En konsekvens är emellertid att optimeringsproblemet, som i högsta grad är icke-linjärt, blir svårare att lösa. Här utnyttjas en modifiering av den heuristiska lösningsmetodik, som utvecklats för TOPAZ-systemet.

I en kompletterande artikel (Romanos, Prastacos och Hatmaker, 1980) redovisas en tillämpning av ansatsen för Sioux Falls i USA, dvs samma stad som var aktuell i t.ex. Edwards (1977). Staden representeras med 24 zoner mellan vilka resande kan ske antingen med bil eller med buss. Reskostnaden antas vara proportionell mot restiden för det använda färd sättet. Därmed kommer bil att bli betraktad som ett billigare färd sätt än buss. En serie experiment genomförs där de parametrar som uttrycker kostnadskänsligheten i gravitationsmodellen varieras. Sammanfattningsvis leder energiminimering till att centrala zoner blir mest attraktiva för både hushåll och näringsliv. Dessa zoner fylls till sina kapacitetsgränser innan yttre zoner tas i anspråk. Tillväxtriktningen bestäms av individernas avståndskänslighet och tillgängligheten till busslinjer. Historiskt sett har teststaden inte utvecklats enligt ett energiminimerande mönster utan är betydligt mer utspridd.

En sista typ av modeller, som vi skall ta upp, är de som har sina rötter i entropimaximering. I en tidig uppsats (Cripps, Macgill och Wilson, 1974) påpekades hur man med vissa smärre modifieringar kan utnyttja den modellutveckling som skett inom denna tradition även för att studera samband mellan energi och statsstruktur.

Beaumont och Keys (1982) tar i sin bok om energifrågor och framtidens städer bl.a. upp hur en entropimaximeringsversion av den s.k. Lowry-modellen (Coelho och

Williams, 1978) kan ges en energitolkning. De argumenterar också för det orimliga i att betrakta energiminimering som det allt överordnade målet vid utformning av en policy för markanvändningen. Energioptimering (t.ex. à la Romanos, Prastacos och Hatmaker, 1980) är värdefull för att påvisa potentiella möjligheter och storleksordning av den minskning av energianvändningen som kan nås via energieffektiv lokalisering av t.ex. bostäder och arbetsplatser snarare än som ett seriöst förslag till plan för markanvändningen.

#### 4.5 Avslutande kommentarer

Trots olikheten i de skilda studiernas angreppssätt finns det en stor samstämmighet i resultaten: en koncentration av stadens aktiviteter (t.ex. bostäder, arbetsplatser och service) och därmed högt markutnyttjande skulle kunna minska energiåtgången för persontransporter. Mekanismen bakom detta är att reslängderna skulle bli kortare, fordonsresorna färre, samtidigt som de i större utsträckning skulle ske med kollektiva - och mer energieffektiva - transportmedel. Om minimering av transportenergin tilläts bli det allt överordnade målet för en stads utformning, skulle resultatet kanske bli något av den kompakta flervåningsstad som Dantzig (1973) så varmt förespråkar.

En annan iakttagelse är att energipriset - utgångspunkten för intresset att spara energi - nästan inte alls förekommer i de refererade studierna. Till yttermera visso är försöken få att fånga den viktiga kopplingen mellan energipris och beteende t.ex. vid val av bostad och färdssätt. Detta skulle inte behöva vara så allvarligt om det inte vore för att det finns studier som visar (t.ex. Owens, 1984) att en viss rumslig struktur kan vara energieffektiv vid ett visst beteende men inte vid ett annat.

Dessa kritiska anmärkningar är en del av bakgrunden till den energitillämpning för Stockholmsregionen som skall

redovisas i nästa kapitel. Energikostnaden för arbetsresor ses där som en del av ett allmänt välfärdsmått. En beteendemodell skattas där bostads- och färdmedelsval förutsätts ske med hänsyn till bl.a. rådande transportkostnader och därmed även rådande bensinpriser. Detta möjliggör ett studium av samband mellan energipris, beteende, stadsstruktur och energiåtgång, grundat på empiriskt skattade samband.

#### 4.6 Litteratur

- Barber GM, 1976, Land-use plan design via interactive multiple-objective programming, Environment and Planning A 8, 625-636.
- de la Barra T, Rickaby PA, 1982, Modelling regional energy-use: a land-use, transport, and energy-evaluation model, Environment and Planning B 9, 429-443.
- Beaumont JR, Keys P, 1982, Future cities: spatial analysis of energy issues, John Wiley, Chichester.
- Brotchie JF, 1984, Technological change and urban form, Environment and Planning A 16, 583-596.
- Coelho, JD, Williams HCWL, 1978, On the design of land use plans through locational surplus maximisation, Papers of the Regional Science Association 40, 71-85.
- Cheslow MD, Neels JK, 1980, Effect of urban development patterns on transportation energy use, Transportation Research Record 764, 70-78.
- Cripps EL, Macgill SM, Wilson AG, 1974, Energy and materials flows in the urban space economy, Transportation Research 8, 293-305.
- Dantzig GB, 1973, The ORSA New Orleans address on Compact City, Management Science 19, 1151-1161.

- Edwards JL, 1977, Use of a Lowry-type spatial allocation model in an urban transportation energy study, Transportation Research 11, 117-126.
- Edwards JL, Schofer JL, 1976, Relationships between transportation energy consumption and urban structure: results of simulation studies, Transportation Research Record 599, 52-59.
- Keyes DL, 1982, Energy for travel: the influence of urban development patterns, Transportation Research 16 A, 65-70.
- Levinson HS, Strate HE, 1981, Land use and energy intensity, Transportation Research Record 812, 67-74.
- Newman P, Kenworthy J, 1980, Land-use planning for transport energy conservation in Australian Cities, Search 11, 367-376.
- Owens SE, 1979, Energy and settlement patterns, Built Environment 5, 282-286.
- Owens SE, 1984, Energy and spatial structure: a rural example, Environment and Planning A 16, 1319-1337.
- Romanos MC, Hatmaker ML, Prastacos PP, 1981, Transportation energy conservation and urban growth, Transportation Research 15A, 215-222.
- Romanos MC, Prastacos PP, Hatmaker ML, 1980, Transportation energy effects on urban growth: results of simulations, Transportation Research Record 764, 60-70.
- Schneider JB, Beck JR, 1974, Reducing the travel requirements of the American city: an investigation of alternative urban spatial structures, Transportation Research Record 499, 12-33.
- SIND, 1980:17, Energi på 80-talet, Liber, Stockholm.

Sharpe R, 1978, The effect of urban form on transport energy patterns, Urban Ecology 3, 125-135.

Sharpe R, 1980, Improving energy efficiency in community land-use-transportation systems, Environment and Planning A 12, 203-216.

Sharpe R, 1982, Energy efficiency and equity of various urban land use patterns, Urban Ecology 7, 1-18.

Sharpe R, Brotchie JF, Roy JR, 1982, Urban aspects of the energy paradox, Man, Environment, Space and Time 2, 22-41.

Sharpe R, Roy JR, Taylor MAP, 1982, Optimizing urban futures, Environment and Planning B 9, 209-220.





## 5. BOSTADSLOKALISERING OCH RESEBETEENDE VID FÖRÄNDRADE TRANSPORTKOSTNADER

Lars-Göran Mattsson

### 5.1 Inledning

Billiga transporter har varit av avgörande betydelse för de senaste årtiondenas stora förändringar av boendet. Så förutsätter en stor del av småhusboendet i förorter, med ofta långa avstånd till lämpliga arbetsplatser, tillgång till billiga och effektiva transportmedel. Bilen har här fått en växande roll. De förändringar som skett på energimarknaden under det senaste tiotalet år gör dock att många ifrågasätter det önskvärda i denna utveckling. Krav har ställts på en annan bebyggelseutveckling, en som via en bättre lokal balans mellan bostäder och arbetsplatser skulle kunna minska behovet av långa resor. Energiprishöjningarna och konsekvenserna av störningar i energitillförseln ligger också bakom de krav på bättre energihushållning och minskat beroende av framförallt olja som rests för alla samhällssektorer. När det gäller persontransporter i tätort visade litteraturgenomgången i föregående kapitel att det här finns en betydelsefull roll för en framsynt bebyggelse- och transportplanering.

Vi skall i detta kapitel presentera en datorbaserad modellansats för lokalisering av bostäder där samspelet mellan transportkostnader, resebeteende och bebyggelsemönster står i blickpunkten. Ansatsen tillämpas på Stockholmsregionen för år 1990. Huvudsyftet är att översiktligt belysa olika konsekvenser av höjda bensinpriser och/eller ändrade regler för bilavdrag. Vi kommer att studera effekter på energiåtgången såväl som implikationer för bebyggelseplaneringen.

Modellansatsen är av optimeringstyp. Det innebär att vi

först måste ställa upp en princip med vars hjälp alternativa lokaliseringar av bostäder kan värderas. Vi noterade i förra kapitlet att minimering av transportenergin som enda mål skulle kunna leda till mycket extrema bebyggelsemönster. Snarare bör energihushållning ses som en integrerad del av övriga mål. För att tillgodose detta väljer vi att härleda ett värderingskriterium baserat på välfärds-ekonomisk teori, där energin kommer in som en del av kostnaderna för transporter som i sin tur sammanvägs med ett mått på de lokala boendetätheterna.

I vår tillämpning för Stockholmsregionen behandlar vi endast arbetsresor. Vår värderingsprincip förutsätter då att den geografiska fördelningen av arbetsplatser inom regionen är given. Den totala bostadsvolymen som skall lokaliseras för planåret - i vårt fall 1990 - förutsätts också vara given. Vidare antas att undre och övre gränser kan anges för boendet i vart och ett av de mindre områden som regionen delas in i. Givet dessa begränsningar väljs den bostadslokalisering som maximerar det härledda välfärds-kriteriet.

Välfärds-kriteriet bygger på en modell av befolkningens resebeteende (en logitmodell eller om man så vill en dubbel begränsad gravitationsmodell) kalibrerad på Folk- och bostadsräkningen 1975 (FoB 75). Modellen beskriver hur stor andel av befolkningen i varje område som pendlar till varje annat område i regionen uppdelat enligt tre färd-sätt (bil, kollektivt och gång/cykel) som funktion av bl.a. avstånd, restider och reskostnader. Genom antaganden om de olika färd-sättens energieffektivitet kan energiåtgången för arbetsresor förknippad med en viss bostadslokalisering beräknas.

En styrka hos den här ansatsen är dess förmåga att hantera vissa ömsesidiga beroenden mellan resebeteenden och bebyggelsemönster. Vid ändrade reskostnader t.ex. som en följd av ändrade bensinpriser utvärderas de olika alternativen för bostadslokalisering med hänsyn till det resmönster som de nya kostnadsrelationerna kan förväntas ge.

## 5.2 Modellbeskrivning

Det välfärds-kriterium vi skall använda för att utvärdera olika bebyggelsemönster kan byggas upp från en beskrivning av hur individer väljer mellan olika alternativ baserad på s.k. stokastisk nyttomaximering (en teoretisk beskrivning och ytterligare referenser ges i Mattsson, 1983 och Mattsson, 1984).

Den region vi studerar antas vara indelad i ett antal områden. Vi betraktar en individ som har sin arbetsplats given och som står inför valet i vilket område han skall bosätta sig. Att räkna upp alla de faktorer som skulle krävas för att exakt kunna förutse vilket bostadsområde han väljer är naturligtvis ogörligt. Ett sätt att komma runt problemet är att minska ambitionen. I stället för att försöka exakt förutse kan vi nöja oss med att ge en beskrivning av individens beteende i form av sannolikheter för de olika möjliga valen. Logitmodellen, som varit så populär inom transportforskning, är det mest kända exemplet på den här ansatsen.

Beteendemodeller av detta slag kan härledas från antaganden om att den "nytta" en individ tillordnar olika tillgängliga alternativ kan delas upp i två komponenter, en deterministisk och en slumpmässig (stokastisk). Den deterministiska delen innehåller de observerbara faktorer man önskar modellera medan den stokastiska delen får representera övriga faktorer av betydelse för hur individen väljer. Om man nu gör vissa lämpliga statistiska antaganden för den stokastiska delen av nyttan och dessutom förutsätter att individen väljer det alternativ som ger störst total nytta kan valsannolikheterna uttryckas som funktioner av de olika alternativens deterministiska (observerbara) nytta. På motsvarande sätt kan den förväntade totala nyttan individen uppnår vid detta val också uttryckas som en funktion av samma variabler.

Den här ansatsen mynnar ut i ett naturligt välfärds-mått nämligen den summerade förväntade maximala nyttan för

individerna i regionen. Det är ett sådant mått vi skall använda i vår optimering av bebyggelsemönstret. På så sätt uppnås en viss konsistens mellan välfärdsmått och bakomliggande beteendemodell. Den nytta som vi i våra antaganden om individernas beteende förutsätter att de maximerar är också den vi maximerar i vår optimering av bebyggelsemönstret.

Vi återgår nu till vår individ som står inför att välja bostadsområde. Vi gör först lämpliga statistiska antaganden för den stokastiska delen av den nytta han associerar med ett visst bostadsområde så att valsannolikheterna kan uttryckas enligt en logitmodell. Vi antar sedan att den deterministiska delen av nyttan av att bo i bostadsområde  $i$ , då arbetsplatsen ligger i område  $j$ , kan uttryckas som

$$- (\sigma \cdot t_{ij} + \gamma \cdot d_i + p_i)$$

där  $t_{ij}$  är ett mått på pendlingskostnaden mellan områdena  $i$  och  $j$ ,  $d_i$  är ett mått på boendetätheten (bostadsutbud per ytenhet) i område  $i$  och  $p_i$  är prisnivån för bostäder i område  $i$ . Parametrarna  $\sigma$  och  $\gamma$  uttrycker individens känslighet för pendlingskostnad resp. boendetäthet. Som vi tidigare nämnt kan nu valsannolikheterna för resp. bostadsområde uttryckas som en funktion av de olika områdenas deterministiska nytta.

Slutligen betraktar vi samtliga förvärvsarbetande i regionen och antar att var och en betar sig enligt den specificerade valmodellen. Givet fördelningen av arbetsplatser över områdena i regionen kan det förväntade antalet individer som väljer ett visst bostadsområde beräknas. Detta antal kommer inte nödvändigtvis att stämma med bostadsutbudet i området. Men om totalantalet bostäder i hela regionen stämmer med den totala efterfrågan, och om vi kräver att priserna,  $p_i$ , skall uppfylla ett visst normaliseringsvillkor, så finns det till varje fördelning av bostäderna en unik uppsättning (jämvikts-)priser så att det blir balans mellan utbud och förväntad efterfrågan

i varje bostadsområde.

Det optimeringsproblem vi skall betrakta är att fördela ett givet totalt bostadsutbud (lika med den totala efterfrågan) över regionens områden så att det diskuterade välfärdsmåttet maximeras. Vi har därvid möjlighet att på förhand utesluta vissa fördelningar genom att för varje bostadsområde ange undre och övre gränser inom vilka bostadsutbudet måste ligga. Vid utvärdering av en viss bostadsfördelning enligt vårt välfärdsmått, som alltså kan tolkas som den aggregerade förväntade maximala nyttan för de förvärvsarbetande, förutsätts priserna på bostadsmarknaderna vara de ovan införda jämviktspriserna. Bostadsfördelningen kommer därmed in på två sätt i välfärdsmåttet, dels direkt via boendetätheterna, dels indirekt via jämviktspriserna. Detta komplicerar lösningen av optimeringsproblemet. Man kan dock visa (Mattsson, 1984) att lösningar i stället kan fås genom att lösa ett annat enklare problem (av entropimaximeringstyp). Förutom den för problemet optimala bostadsfördelningen får vi också den tillhörande pendlingsmatrisen enligt den bakomliggande modellen för val av bostadsområde.

### 5.3 Modellspecificering, kalibrering och indata

Vi skall i det här avsnittet ytterligare precisera vår optimeringsmodell, diskutera kalibreringen av de bakomliggande beteendemodellerna samt ge indata för en tillämpning på Stockholm för år 1990.

Den geografiska region vi betraktar är hela Stockholms län. Vi använder den områdesindelning i 105 kommundelar som bl.a. utnyttjas i den senaste regionplanen (Stockholms läns landsting, 1982). Arbetsplatsernas lokalisering förutsätts vara enligt regionplanens högre alternativ för 1990. Modellen är uppbyggd kring beteendet hos den förvärvsarbetande delen av befolkningen. Vissa relationer uttrycks dock enklare i termer av hela befolkningen. Resultaten kan räknas om med hjälp av förvärvsintensiteter. Vi antar här att förvärvsintensiteten för alla kommundelar är



lika och överensstämmer med genomsnittsnivån i länet enligt regionplanen.

För varje kommunedel anges undre och övre gränser för totalbefolkningen 1990. De undre gränserna har beräknats utgående från att bostadsstocken 1975 kommer att vara kvar men med hänsyn till att den med fortsatt utglesning kommer att hysa färre boende. De övre gränserna är baserade på en inventering av möjligt bostadsbyggande i de olika kommundelarna. De ytor som ingår i beräkningen av boendetätheterna,  $d_i$ , har hämtats från en tidigare studie (Lundqvist och Mattsson, 1983). När det gäller parametern  $\gamma$ , som uttrycker individernas känslighet för boendetäthet, saknar vi lämpligt datamaterial för att kunna göra någon empirisk skattning. I stället betraktar vi parametern som en policyvariabel och prövar två alternativ som kommer att ge upphov till glesa resp. täta bebyggelsemönster.

Pendlingskostnaden,  $t_{ij}$ , och kostnadskänsligheten,  $\sigma$ , återstår att precisera. I båda fallen skall de baseras på de förvärvsarbetandes faktiska beteende som det kom till uttryck enligt FoB75. Detta sker via skattning av en färdmedelsmodell av logittyp med tre möjliga färd-sätt: bil, kollektivt samt gång/cykel. Färdmedelsmodellen kommer även att utnyttjas för att vid beräkningen av energiåtgången för arbetsresorna ta hänsyn till de olika färd-sättens energieffektivitet.

Färdmedelsmodellen förutsätter att vi för varje färd-sätt  $f$  ansätter en kostnad på formen  $a_f + b_f \cdot c_{ij}^f$ , där  $a_f$  och  $b_f$  är färdmedelsspecifika konstanter som vi skall skatta, medan  $c_{ij}^f$  är observerade värden på uppoffringen att resa mellan två områden  $i$  och  $j$  med det aktuella färd-sättet. Vi låter  $c_{ij}^f$  vara för kollektivt färd-sätt: kollektiv resuppoffring<sup>1</sup> (KRESU); för gång/cykel: avstånd; samt för bil: generaliserad bilkostnad. Den sistnämnda kostnaden

<sup>1</sup>Kollektiv resuppoffring (KRESU) = åktid + 2,1 × gångtid + 3,6 × väntetid (Stockholms läns landsting, 1984, sid 21)



definieras som bilrestid multiplicerad med en tidsvärderingskonstant (7,1 kr/tim i 1975 års priser) plus en avståndsberoende fordonskostnad med hänsyn till bilavdrag. Vi antar här att bilresenärerna beviljas avdrag om den teoretiska tidsvinsten gentemot kollektivt färd sätt enligt tillgängliga restidsmatriser är tillräckligt stor.

De färdmedelsspecifika konstanterna,  $a_f$  och  $b_f$  i de definierade kostnadsuttrycken, har skattats baserade på data från FoB 75 med hjälp av sedvanlig logitmodellteknik (maximum-likelihoodskattning). Som observationer betraktar vi för varje områdespar (enligt en något finare indelning än kommundelar) antalet förvärvsarbetande som valt resp. färd sätt. Den avståndsberoende fordonskostnaden har för 1975 satts till 0,3 kr/km om avdrag ej beviljas och 0 i annat fall (Stockholms läns landsting, 1984, sid 55). Bilavdragen förutsätts alltså vara så förmånliga att hela den rörliga fordonskostnaden täcks. Det teoretiska tidsvinstkravet för att få bilavdrag har stämts av så att antalet avdrag överensstämmer med faktiskt beviljade.

Med hjälp av den skattade färdmedelsmodellen beräknas sedan pendlingskostnaden,  $t_{ij}$ , för varje par av kommundelar som en sammanvägning av kostnaderna för vart och ett av färd sätten (enligt Williams' (1977) teoretiskt tilltalande förslag till "composite cost"). Individernas känslighet för denna pendlingskostnad bestäms genom att en dubbelt begränsad gravitationsmodell med  $t_{ij}$  som avståndskostnad kalibreras med avseende på antalet pendlare mellan de olika kommundelarna enligt FoB 75.

Dessa pendlingskostnader är baserade på förhållandena för kalibreringsåret, dvs. 1975. Vi antar att alla förhållanden utom bensinpriset och reglerna för bilavdrag är desamma också för tillämpningsåret 1990.

För bensinpriset, som utgör en del av den avståndsberoende fordonskostnaden, kommer vi att pröva två alternativ, ett lågt och ett högt. Det låga alternativet innebär att bensinpriset 1990 antas ligga på 1975 års nivå (1,37 kr/l),

medan det höga alternativet innebär en fördubbling av detta pris (allt räknat i 1975 års priser). Då vi antar att den resterande delen av fordonskostnaden är oförändrad i fast penningvärde blir alltså, vid en bensinförbrukning av 1 l/mil, den avståndsberoende fordonskostnaden 0,44 kr/km för det högre resp. 0,3 kr/km för det lägre alternativet.

Också för avdragsreglerna skall vi pröva två alternativ, ett basalternativ resp. ett alternativ med helt slopad avdragsrätt. Basalternativet innebär att fordonskostnaden, liksom vid skattningen på FoB 75, sätts till noll för avdragsberättigade reserelationer. Det teoretiska tidsvinstkravet har dock ökat för att motsvara den skärpning av avdragsbestämmelserna som skett sedan 1975.

Sammanfattningsvis kommer vi i tillämpningarna att pröva två olika alternativ för täthetskänsligheten som resulterar i glesa resp. täta bebyggelsemönster; två bensinprisalternativ: 1975 års prisnivå resp. en fördubbling; samt två alternativ för bilavdragen: gällande (1984) tidsvinstkrav resp. helt slopad avdragsmöjlighet.

#### 5.4 Tillämpning på Stockholm för år 1990

Innan vi redovisar några resultat för vår speciella tillämpning skall vi kort beröra vilka typer av resultat modellansatsen i princip ger möjlighet till.

Vår ansats går ut på att finna hur en given totalvolym bostäder (eller befolkning) skall fördelas över områden i en region så att ett visst välfärds-kriterium maximeras. Lösningen till detta optimeringsproblem består alltså av en optimal bostadsfördelning (eller befolkningsfördelning). Som vi har formulerat välfärds-kriteriet och som vi löser optimeringsproblemet får vi också fram det tillhörande mönstret för pendlingen mellan bostäder och arbetsplatser. Det mönstret kan även tolkas som ett resultat av individernas val på bostads- och arbetsmarknaden. Med hjälp av den färdmedelsmodell som skattats kan pend-

lingen mellan skilda områden delas upp efter färdstätt. Med antaganden om de olika färdstättens energieffektivitet kan vi därmed beräkna energiåtgången förknippad med det pendlingsmönster som hör till en viss lösning. Eftersom modellansatsen ger antalet resande mellan varje områdespar kan vi dessutom beräkna olika mått som medelrestid, medelpendlingsavstånd och genomsnittlig energiåtgång uppdelade inte bara efter färdstätt utan också efter den resandes bostads- eller arbetsplatsområde. Det bör slutligen påpekas att modellen i sin nuvarande utformning endast behandlar arbetsresor. Det förefaller dock relativt enkelt att utveckla modellen till att omfatta även serviceresor.

De scenarionalternativ för år 1990 som vi kommer att behandla i vår tillämpning på Stockholmsregionen betecknas enligt följande:

lågt (bensinpris)	= 1975 års nivå;
högt (bensinpris)	= fördubbling av 1975 års nivå;
gles (bebyggelse)	= högt värde på täthetsparametern $\gamma$ ;
tät (bebyggelse)	= lågt värde på täthetsparametern $\gamma$ ;
avdrag	= bilavdrag enligt 1984 års tidsvinstkrav;
ej avdrag	= möjligheten till bilavdrag helt slopad.

Vid energiberäkningarna har vi antagit att energiåtgången för bil är 0,725, för kollektivtrafik 0,225 och för gång/cykel 0 kWh/personkm. Dessa värden kan anses typiska för högtrafik (Stockholms läns landsting, 1984, sid 114).

Tabell 5.1 visar hur energiåtgången för arbetsresor, medeltätheten och medelpendlingsavstånden varierar mellan de olika alternativen. Det mest slående är avdragsreglernas stora betydelse. Slopad avdragsrätt leder enligt dessa beräkningar till mer än en halvering av energiåtgången. Avdragsreglerna har också stor betydelse för i vilken utsträckning höjda bensinpriser verkligen slår igenom i form av minskad energiförbrukning. Som tabellen visar är effekten obetydlig (mindre än 1% totalt sett och drygt 1% för bilresorna) med nuvarande regler medan en för-

dubbling av bensinpriset vid slopad avdragsrätt skulle kunna leda till en minskning av förbrukningen med mer än 10% totalt sett och med hela 35% för bilresorna. Dessa skilda effekter är naturligtvis en direkt följd av förutsättningen att avdragsberättigade bilister med nuvarande regler får full kostnadstäckning för bensinprishöjningar.

Tabell 5.1 Energiåtgång för arbetsresor, medeltäthet och medelpendlingsavstånd (enkelresor).

Alternativ	Energiåtgång(MWh/dag)			Täthet (inv/ha)	Pendlings- avst.(km)
	Bil	Koll.	Totalt		
Lågt, gles, avdr.	9380	3150	12530	38,3	16,8
Högt, gles, avdr.	9250	3210	12460	38,3	16,9
Lågt, tät, avdr.	8880	2980	11860	40,8	15,9
Högt, tät, avdr.	8770	3020	11790	40,8	16,0
Lågt, tät, ej avdr.	2620	3250	5870	41,3	11,3
Högt, tät, ej avdr.	1700	3380	5080	41,2	10,9

Tabell 5.1 ger också information om sambandet mellan bebyggelsetäthet och energiåtgång. En jämförelse av alternativ med gles resp. tät bebyggelse men i övrigt lika förutsättningar ger en energielasticitet med avseende på täthet på 0,8. Det betyder att en ökning av tätheten med 1% skulle minska energiförbrukningen med 0,8%. Skillnaderna i täthet är dock så små att minskningen i energiåtgång vid övergång mellan ett glest alternativ och ett motsvarande tätt blir endast 5%. Vi skall dock komma ihåg att vi för varje kommundel infört undre gränser för antalet invånare baserade på 1975 års bostadsstock. Dessa restriktioner medger endast att 22% av befolkningen omfördelas mellan kommundelarna. Variationerna i bebyggelsetäthet för våra alternativ skall därför ses mot bakgrund av vilka förändringar i bebyggelsestruktur som är möjliga på 15 års sikt. Om vi

blickar längre fram skulle större förändringar vara möjliga.

När det gäller pendlingsavstånd kan resultaten i tabell 5.1 förefalla paradoxala. Ett högre bensinpris ger nämligen för alternativen med bilavdrag ett (något) längre medelpendlingsavstånd. Förklaringen till detta är att de höjda bensinpriserna enbart drabbar bilister som inte är avdragsberättigade, dvs. sådana som inte uppfyller tidsvinstkravet. Det betyder att det blir dyrare att resa med bil bara när det är så nära mellan bostad och arbete och när det finns kollektiva transportalternativ så att tidsvinstkravet inte uppfylls. Vid långa avstånd och dåliga kollektivtrafikförbindelser däremot täcks bensinprisökningen av den ökade avdragsmöjligheten. Sammantaget blir det relativt sett mindre dyrt att bo långt från arbetet vid en bensinprishöjning. Om däremot avdragsrätten slopas får vi det förväntade beteendet nämligen att högre bensinpris leder till kortare pendlingsavstånd. I det läget drabbas ju alla bilresenärer av det ökade priset.

Tabell 5.2 ger den genomsnittliga energiåtgången per arbetsresa med de olika färdssätten. Gång/cykel särredovisas av naturliga skäl inte men ingår givetvis i beräkning av energiåtgången för alla färdssätt. Vi ser igen hur en slopad avdragsrätt skulle få en avgörande effekt på bilens roll. Jämfört med nuvarande regler skulle energiåtgången per arbetsresa med bil sjunka med nästan två tredjedelar vid det höga bensinpriset. Som framgår av nästa tabell är denna minskning en följd av att pendlingsavstånden minskar och att bilen företrädesvis utnyttjas för korta arbetsresor. Trots dessa stora förändringar i bilanvändningen är dock energiförbrukningen vid den genomsnittliga kollektivtrafikresan fortfarande lägre.

De energieffekter vi iakttagit är en följd av ändrade pendlingsmönster. Tabell 5.3 ger en mer detaljerad bild av dessa förändringar. Vi kan först notera att tabellen bekräftar den förklaring vi gav till effekten av ökade bensinpriser vid bibehållna avdragsregler. Pendlingsavstånden



Tabell 5.2 Energiåtgång (kWh) per arbetsresa (t.o.r.) för olika färdssätt.

Alternativ	Bil	Koll.	Alla
Lågt, gles avdr.	33,7	8,3	15,6
Högt, gles, avdr.	34,3	8,3	15,5
Lågt, tät, avdr.	32,1	7,9	14,7
Högt, tät, avdr.	32,6	7,9	14,6
Lågt, tät, ej avdr.	15,6	7,4	7,3
Högt, tät, ej avdr.	12,3	7,4	6,3

Ökar nämligen för bil medan de för kollektivresor är i stort sett konstanta. Att denna ökning för bil till stor del kan hänföras till långa förortsresor stämmer också med att restiderna inte ökar i samma utsträckning. Hastigheterna är i allmänhet högre utanför Stockholms centrala delar.

Tabell 5.3 Medelpendlingsavstånd och medelrestid (enkelresor) för olika färdssätt

Alternativ	Bil		Kollektivt		Gång/ cykel
	Avstånd (km)	Restid (min)	Avstånd (km)	KRESU <sup>a</sup> (min)	Avstånd (km)
Lågt, gles, avdr.	23,3	34,1	18,5	81,1	0,4
Högt, gles, avdr.	23,7	34,3	18,5	81,1	0,4
Lågt, tät, avdr.	22,1	33,0	17,5	79,6	0,4
Högt, tät, avdr.	22,5	33,1	17,6	79,6	0,4
Lågt, tät, ej avdr.	10,7	22,3	16,4	75,9	0,4
Högt, tät, ej avdr.	8,5	19,8	16,4	75,5	0,4

<sup>a</sup>KRESU = kollektiv resupoffring = åktid + 2,1 x gångtid + 3,6 x väntetid.



Det framgick av tabell 5.1 att ökad bebyggelsetäthet bidrar till minskad energiåtgång via kortare pendlingsavstånd. Tabell 5.3 visar att avstånden minskar för såväl bil- som kollektivresor. Vid högre tolerans för ett tätt boende ökar möjligheterna till korta arbetsresor genom att nybebyggelsen kan förläggas till redan täta områden med god tillgång till arbete.

Tabell 5.3 visar också på det radikalt ändrade utnyttjandet av bilen för arbetsresor som slopad avdragsrätt skulle ge. Med nuvarande avdragsregler är reslängderna genomgående klart längre för bilresor än för kollektivresor. Vid slopad avdragsrätt skulle vi få det omvända förhållandet. Då slår också bensinprishöjningar igenom i form av kortare pendlingsresor med bil.

Naturligt nog är det främst pendlingsmönstret för bil som förändras vid variationer i bensinpriser och avdragsregler. Som också framgår av tabell 5.3 är pendlingsavstånd och medelrestider för kollektiva transportmedel mera stabila. Gång och cykling, slutligen, är i första hand ett färd sätt för korta arbetsresor. Stabiliteten i mönstren för kollektivtrafik och gång/cykel är desto mer anmärkningsvärd som den gäller trots betydande omfördelningar mellan de olika färd sätten (tabell 5.4).

Även för färdmedelsfördelningen (tabell 5.4) är avdragsreglerna av största betydelse. Bakom den dramatiska minskningen i energiåtgång till följd av slopad avdragsrätt enligt tabell 5.1 ligger en betydande förändring i val av färd sätt. När det gäller bensinpriset är inverkan betydligt mindre om än i en entydig riktning. Ett högre pris leder till ökade andelar för kollektivtrafik och gång/cykel på bilresornas bekostnad. Med nuvarande avdragsregler blir ju åtminstone de korta bilresorna dyrare. Effekten förstärks vid slopad avdragsrätt då alla bilresor fördyras. Däremot är det endast små skillnader i färdmedelsfördelningen mellan glesa och täta bebyggelsemönster. De senare har något högre andel gång/cykel.

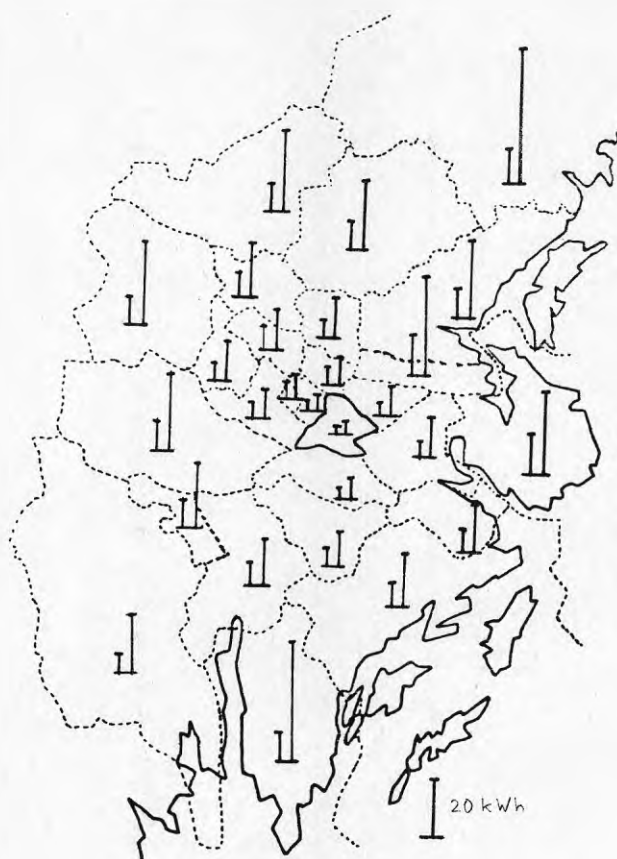
Tabell 5.4 Arbetsresornas procentuella fördelning på färdssätt.

Alternativ	Bil	Koll.	Gång/ cykel
Lågt, gles, avdr.	34,5	47,0	18,4
Högt, gles, avdr.	33,5	47,8	18,7
Lågt, tät, avdr.	34,4	46,9	18,7
Högt, tät, avdr.	33,4	47,5	19,1
Lågt, tät, ej avdr.	20,9	54,7	24,3
Högt, tät, ej avdr.	17,2	57,0	25,8

Vi avslutar resultatredovisningen med att visa - för de två mest extrema alternativen - hur energiåtgången per arbetsresa varierar med hänsyn till var i länet den resande bor (figur 5.1). Alternativet lågt bensinpris, gles bebyggelse och bilavdrag, som ju gynnar pendling över långa avstånd, leder till en hög energiåtgång som växer snabbt ju längre ut från city bostaden är belägen. För den andra extremen, högt bensinpris, tät bebyggelse och slopat bilavdrag är bilden rätt annorlunda. Dels ligger nivåerna för energiåtgången självfallet lägre, dels växer energiåtgången betydligt långsammare med avståndet från city. För ytterkommunerna Norrtälje, Nynäshamn och Södertälje får vi mer av en lokal arbetsmarknad med ett mycket mindre inslag av långa energikrävande bilresor till Stockholmsregionens centrala delar.

### 5.5 Diskussion

De resultat vi presenterade i föregående avsnitt är preliminära i många avseenden och måste självfallet tolkas med stor försiktighet. Modellansatsen som den tillämpats skulle naturligtvis kunna vara mer realistisk på en rad punkter. Vi studerar t.ex. enbart arbetsresor. Det vore



Figur 5.1 Energiåtgång (kWh) per arbetsresa (t.o.r.) efter den resandes hemortskommun för alternativen högt, tät, ej avdrag (de vänstra stolparna) och lågt, gles, avdrag (de högra stolparna). Stockholms kommun är uppdelad i city, söderort och västerort.

också intressant att ta med serviceresor och fritidsresor för att få en mer total bild av persontransporterna. Det är möjligt att effekten av slopad avdragsrätt då skulle bli mindre kraftig eftersom ändringen i så fall bara skulle beröra en mindre del av resorna. När det gäller bilanvändning och val av färdssätt saknas viktiga förklaringsfaktorer som möjlighet till och kostnad för parkering. Vi har inte heller försökt modellera förändringar i det framtida bilinnehavet. Vid energiberäkningen skulle det också vara rimligt att anta att den framtida energieffektiviteten för motorfordon är beroende av bränslepriset.

I många fall när det gäller dessa brister förefaller möjligheterna till vidareutveckling av modellen goda. Redan i sin nuvarande form bör den emellertid innebära framsteg i många avseenden gentemot tillgängliga alternativa modeller (se genomgången av den internationella litteraturen i föregående kapitel). Styrkan är framförallt modellens förmåga att hantera samspelet mellan bostadslokalisering och pendlingsmönster vid förändringar i reskostnaderna.

När det gäller den konkreta tillämpningen torde den viktigaste slutsatsen vara bilavdragets betydelsefulla roll. Ändringar i reglerna för dessa kan vara mera avgörande än även kraftiga bensinprishöjningar för både bosättningsmönster och energiåtgång vid arbetsresor. Vidare bekräftar vår tillämpning många andra studier som visar att det är möjligt att minska energiåtgången om ett tätare bebyggelsemönster kan tillåtas. Slutligen bör vi notera de stora sparmöjligheter som ett ändrat pendlingsbeteende skulle kunna innebära. Huruvida de kommer att förverkligas beror bl.a. på om besparingarna uppväger den minskade valfriheten i fråga om bostad och arbete som skulle bli följden.

## 5.6 Litteratur

Lundqvist L, Mattsson L-G, 1983, Transportation systems and residential location, European Journal of Operational Research 12, 279-294.

- Mattsson L-G, 1983, Some applications of welfare maximization approaches to residential location, TRITAMAT-1983-19, Department of Mathematics, Royal Institute of Technology, Stockholm (antagen för publicering i Papers of the Regional Science Association 54).
- Mattsson L-G, 1984, Equivalence between welfare and entropy approaches to residential location, Regional Science and Urban Economics 14, 147-173.
- Stockholms läns landsting, 1982, Regionplan 1978 för kommunerna i Stockholms län, Regionplanekontoret, Regionplane-och näringslivsnämnden, Stockholms läns landsting.
- Stockholms läns landsting, 1984, Landstingets trafikpolitik - möjligheter och begränsningar, Kollektivtrafikplan 83, Rapport nr 1, Trafikkontoret, Stockholms läns landsting.
- Williams HCWL, 1977, On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit, Environment and Planning A 9, 285-344.





## 6. LÅNGSIKTIGA MARKANVÄNDNINGSSALTERNATIV FÖR STOCKHOLMSREGIONEN

Lars Lundqvist

### 6.1 Inledning

Stockholmsregionens utveckling på längre sikt är åter föremål för analys och debatt. Efter den stormiga regionplandebatten under 1960-talets sista år har planeringsperspektivet i officiella regionplanedokument förkortats från drygt 30 år till drygt 10 år. Först i och med utvärdering av alternativa energisystem i början av 80-talet blev en mera djupgående analys av långsiktiga bebyggelsestrukturer åter högaktuell (Regionplanekontoret, 1982). Tendensen mot ökad betoning av långsiktiga bedömningar bekräftas i arbetet på Regionplan -85.

I kapitel 3 redovisades fyra framtidsbilder för Stockholmsregionens ekonomi och sysselsättning under perioden 1975-2020. Dessa byggde på skilda globala energiekonomiska förutsättningar och olika antaganden om inriktning och utfall av den svenska ekonomiska politiken. Vi skall i det följande utnyttja information från framtidsbilderna på nationell och regional nivå för att bygga upp inomregionala scenarier av bebyggelselokalisering och energianvändning. Vi kommer därvid också att använda resultat från kapitel 5 beträffande samband mellan bostadsort, resmönster och energianvändning per resa.

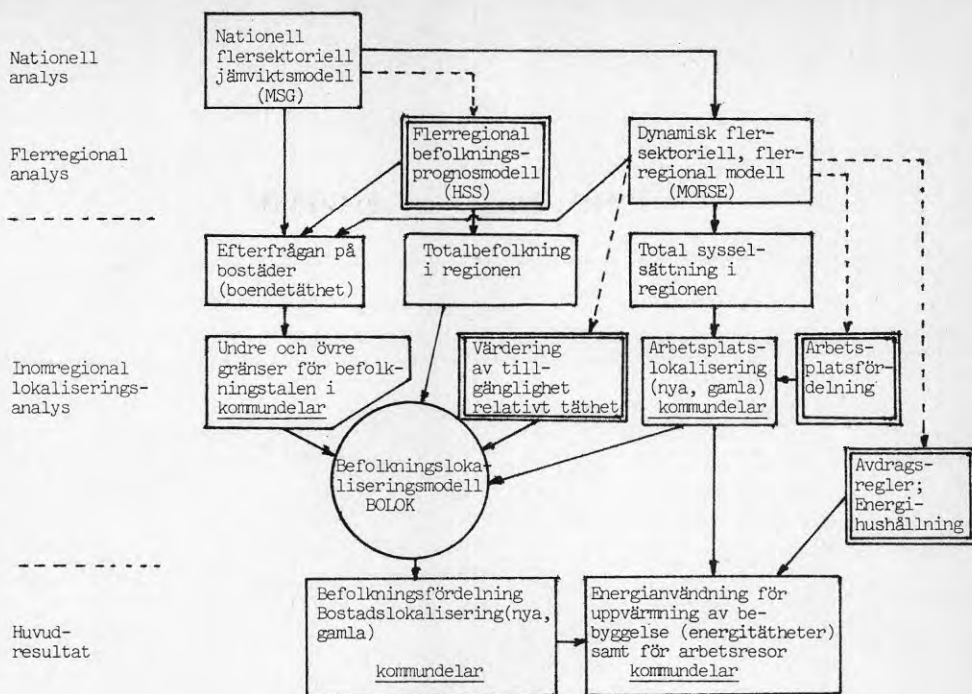
Det skall understrykas att vi i detta sammanhang nöjer oss med att analysera fyra långsiktiga markanvändningsalternativ ur bebyggelse- och energisynpunkt. I andra sammanhang har vi redovisat mera fullständiga utredningar av handlingsutrymme i olika tidsperspektiv och konsekvenserna för den

långsiktiga handlingsfriheten av kortsiktiga utbyggnadsalternativ (Lundqvist, 1983; se även kapitel 9). Bedömningarna av energiåtgång för uppvärmning och arbetsresor görs tämligen schablonartat. För alternativa ansatser med mera detaljerad analys av energi- och transportsystem hänvisas till rapportens kapitel 5 samt 7-9.

## 6.2 Analyismetod

Huvudsyftet med föreliggande studie, som skett inom ramen för projektet "Regionplanering och framtida energisystem" (REGI), är att utnyttja information från analyser på nationell och regional nivå för att formulera förutsättningar för en tämligen detaljerad inomregional lokaliseringsanalys. Vi eftersträvar hög detaljeringsgrad med tanke på bedömningar av fjärrvärmens framtida omfattning. *Energitätheten i kommundelar* är en av de viktigaste faktorerna vid sådana bedömningar. För att analysera fjärrvärmens konkurrensförmåga (kulvertkostnader, distributionskostnader) på ett meningsfullt sätt måste energitätheter beräknas för lokalt avgränsade och sammanhållna bebyggelsegrupper. Vi har således till synes motstridiga önskemål om detaljrikedom och långsiktighet i lokaliseringsanalysen. Det normala förfarandet inom fysisk planering, dvs. genomförande av långsiktiga lokaliseringsstudier på en mycket översiktlig geografisk nivå, är inte tillämpligt.

Framtidsbilderna på nationell/regional nivå från kapitel 3 innehåller information om befolkningsutveckling, sysselsättningsutveckling och ekonomisk utveckling i Stockholmsregionen som helhet. Dessa framtidsbilder har var och en kompletterats med inomregionala förutsättningar beträffande värdering av tillgänglighet i förhållande till täthet (grad av koncentration i den regionala strukturen) och beträffande arbetsplatsfördelning (den regionala strukturens inre differentiering). Därigenom erhålls fullständiga inomregionala scenarier som ligger till grund för beräkningar med bostadslokaliseringsmodellen BLOK, se figur 6.1.



Figur 6.1: Principschema över samband mellan nationella/regionala framtidsbilder och metod för framtagning av långsiktiga markanvändningsalternativ på detaljerad geografisk nivå (streckade pilar avser intuitiva kopplingar via val av scenarioalternativ, som anges med dubbel inramning).

Av figur 6.1 framgår också att scenarierna kompletterats med antaganden om energihushållning i befintlig bebyggelse och regler för reseavdrag. Dessa antaganden ligger till grund för beräkning av energianvändning för uppvärmning och för arbetsresor. Tabell 6.1 redovisar närmare innehållet i scenarioantagandena. För att underlätta datainsamlingen har beräkningarna med bostadslokaliseringsmodellen utförts för perioden 1990-2020 utgående från regionplanens bebyggelsestruktur 1990. Beräkningarna kan ses som vidareutvecklingar av tidigare studier (se Lundqvist, Mattsson, 1983) och som slutliga kalkyler inom REGI-projektet.

Tabell 6.1: Grundläggande antaganden för inomregional analys av bebyggelsestruktur och energianvändning

Förutsättning	Scenario			
	I	II	III	IV
Inkomstutveckling(MORSE) 1975-2020	- 0.91	- 0.16	+ 0.23	+ 0.94
Relativpris på bostäder (MSG) 1975-2020	- 0.38	- 0.96	- 0.83	- 1.23
Utveckling av medelålder (HSS) 1980-2020	+ 0.24	+ 0.24	+ 0.23	+ 0.21
Totalbefolkning (HSS) år 2020	1554	1630	1630	1785
Total sysselsättning (MORSE) år 2020	799	826	799	799
Arbetsplatsfördelning (Rpk) år 2020	centralt o. tät-1	centralt o. tät-2	perifer o. tät	perifer o. glest
Värdering av medelrestid relativt medeltäthet	0.80	0.70	0.60	0.50
Energi/restids-samband	Ej avdrag högpris tätbeb.	—————	Avdrag lågpris glesbeb.	—————
Boendetäthet 1990	—————	Enl. regionplan -78	—————	—————
Andel av 1975 års arbetsplatser som består 2020	—————	0.75	—————	—————
Ytor i täthetsmått	—————	Enl. kalibrering 1990 på RP-78	—————	—————
Ytor vid beräkning av energitätheter	—————	Utnyttjad markyta i befintlig bebyggelse	—————	—————
Energiåtgångstal (Mwh/år), gamla resp. nya:				
småhus		21.6	12.8	
flerbostadshus	—————	13.7	7.7	—————
arbetsplatser		8.9	5.0	

Efterfrågan på bostäder i form av prognosticerade boendetetätheter år 2020 har beräknats med hjälp av inkomstutveckling, relativpris på bostäder och åldersfördelning hos befolkningen. Dessa uppgifter har hämtats från kalkylerna på nationell/regional nivå. Därvid har vi endast beaktat långsiktstrenderna i varje framtidsbild och sedan (något oegentligt) applicerat dessa på regionplanens boendetetätheter 1990. I krisscenariet (I) leder dessa långtidstrender till en årlig ökning av boendetetätheten med 0.05% medan i tillväxtscenariet den årliga utglesningen beräknas till 0.4%.

Totalbefolkningens utveckling har hämtats från beräkningar med en flerregional befolkningsprognosmodell (Lundqvist, 1984). Denna baseras på flyttningsmönster från olika konjunkturförlopp under perioden 1968-1980. Uppgifter om den totala sysselsättningen har hämtats från samma regional-ekonomiska kalkyler som genererat inkomstutvecklingen. Nivån kan tyckas låg, särskilt i tillväxtscenariet (IV). Detta beror till viss del på bristande anpassning mellan förutsättningar och resultat för den nationella ekonomiska kalkylen (MSG) och den flerregionala befolkningskalkylen (HSS). I detta sammanhang har dock totalsysselsättningen mindre intresse (påverkar energianvändningen för uppvärmning av arbetsplatser). För bostadslokaliseringen har arbetsplatsfördelningen större betydelse<sup>1)</sup>. Vi har hämtat inomregionala arbetsplatsfördelningar från regionplane-kontorets arbete med långsiktiga regionstrukturer i samband med STOSEB 80-remissen, se Regionplanekontoret (1982), sid C 1-12.

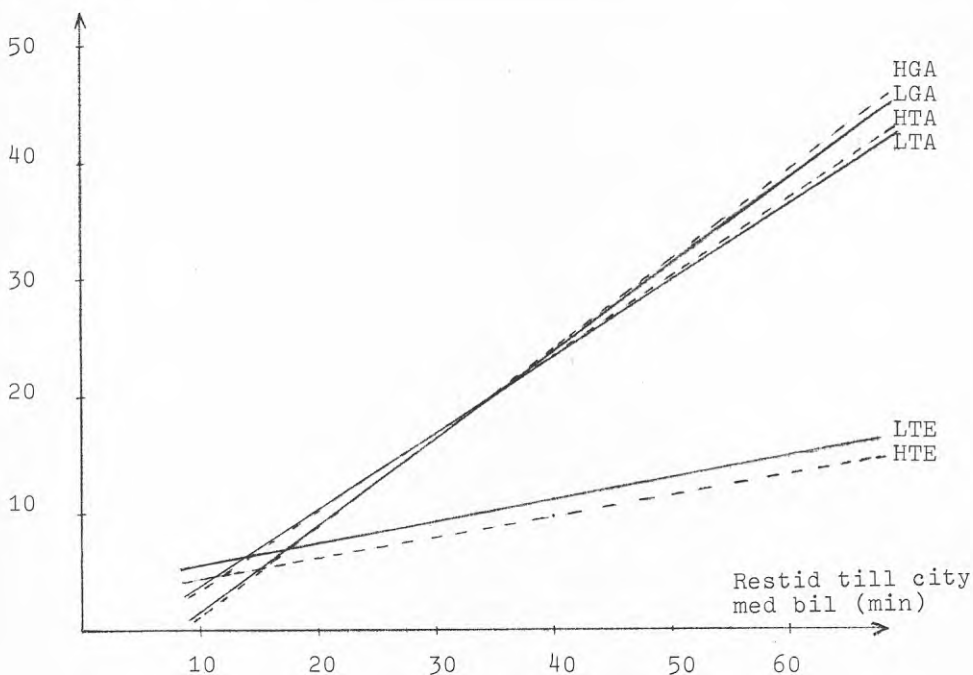
Energiåtgångstalen för gamla (byggda före 1975) och nya bostäder och arbetsplatser har beräknats med ledning av genomsnittlig ytstandard och värmebehov per m<sup>2</sup>. Effekterna av olika antaganden om energihushållning i basårets bebyggelse kommer att redovisas i samband med resultatrapporteringen nedan. Vad gäller energiåtgången för arbetsresor, så bygger våra antaganden på resultat som diskuterats i kapitel 5. Vi har analyserat sambanden mellan energianvändning för arbetsresor och cityavstånd (mätt som bilres-tid) för de olika alternativen (energipris, bebyggelse-täthet, avdragsregler) i kapitel 5. Resultatet redovisas i figur 6.2. Figuren illustrerar tydligt att energipris och den nya bebyggelsens täthet endast påverkar arbetsresornas energianvändning marginellt medan avdragsregler och

---

1.) Detta beror på att bostädernas lokalisering antas ske i förhållande till kommundelarnas tillgänglighets- och tät-hetsegenskaper. Tillgängligheten mäts som medelrestiden till ett arbetsplatsomland som representerar en viss andel av regionens totala arbetsplatsutbud.

bebyggelsens utbredning har mycket stor betydelse. Liknande analyser av energianvändningen per innevånare för arbets- och serviceresor i Kalmar och Lund har givit resultat som är samstämmiga med våra kalkyler (nivån ungefär densamma eller något högre än våra övre samband, vilket kan vara rimligt med tanke på lägre kollektivtrafikandel och inkludering av serviceresor).

Energiåtgång  
för arbetsresor  
per dag (kWh)



Figur 6.2: Regressions samband mellan energianvändning för arbetsresor och cityavstånd baserade på modellresultat från kapitel 5 (H,L= högt resp. lågt bensinpris; G,T= gles resp. tät bebyggelse; A,E= avdrag resp. ej avdrag för arbetsresor.)



### 6.3 Resultat

Vi kommer först att redovisa resultat på en översiktlig nivå för regionen som helhet. Efter en mera detaljerad beskrivning av utfallen i de fyra scenarierna skall vi avslutningsvis illustrera resultatens känslighet för alternativa antaganden om energihushållning i bebyggelse och transporter.

#### Stockholmsregionen

Tabell 6.2 sammanfattar huvudresultaten på regional nivå. Vi ser att antagandena om befolkningsutveckling och utglesning i bostadsbeståndet ger upphov till stora skillnader i bostadsbyggande: alltifrån stagnationsalternativets dryga 6000 lgh/år till expansionsalternativets dryga 11000 lgh/år. I regionplan 78 beräknades det årliga bostadsbyggandet 1976-1990 till mellan 7800 och 10900 lgh. Motsvarande intervall i regionplanekontorets remissbehandling av STOSEB-rapportens värmebehov (Regionplanekontoret, 1982, sid B 14) uppskattades till 3300-8300 lgh/år under perioden 1975-2020.

Medeltätheten avspeglar i huvudsak befolkningsutvecklingen: den glesare bebyggelsestrukturen vid övergång från alt I till alt IV kan inte kompensera för den ökade befolkningen inom givna ytor. Medelrestiderna visar i grova drag bebyggelsens utbredning.

Energiåtgången för uppvärmning år 2020 uppskattas till mellan 16.4 och 18.6 TWh. Energianvändningen för arbetsresor beräknas uppgå till mellan 1.3 och 3.0 TWh. Regionplanekontorets uppskattning av värmebehovet år 2020 visar ett maximalt intervall på 12.8-23.5 TWh, med "normalalternativ" på 15.2-17.5 TWh, se Regionplanekontoret (1982), sid B8. Den totala energiåtgången för transporter i Stockholmsregionen uppskattas till ca 11 TWh i slutet av 70-talet. Trots vår mycket schablonmässiga metod att beräkna energiåtgången för arbetsresor verkar storleksordningen 2.5-3.0 TWh per år för inomregionala arbetsresor vara rimlig.

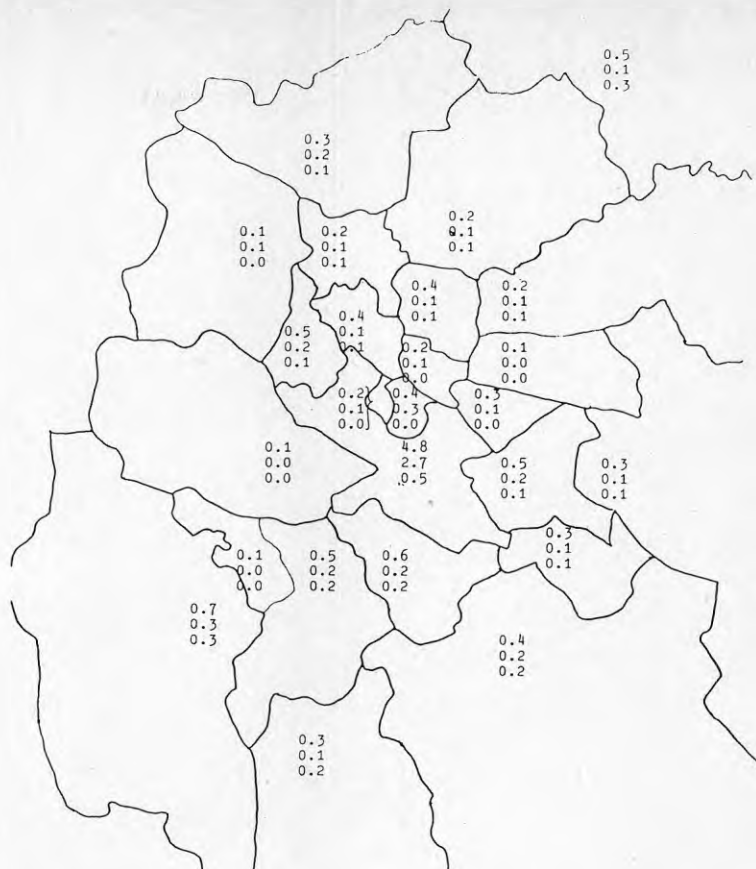
Tabell 6.2: Huvudresultat av lokaliserings- och energikalkylerna för Stockholmsregionen som helhet

Resultat 2020	Scenario			
	I	II	III	IV
Medelrestid till arbete (färdmedelsförd. enl. RP 90)	35.3	35.0	36.1	37.2
Medeltäthet (pers per ha; obs: kalibrerad yta)	39.6	41.4	39.5	42.9
Bostadsbyggande per år 1975-2020	6100	8100	8200	11100
Energiåtgång (TWh) år 2020 för bostadsuppvärmning	10.3	11.2	11.4	12.7
Energiåtgång (TWh) år 2020 för arbetsplatsuppvärmning	6.1	6.2	5.9	5.9
Genomsnittlig energitäthet (kWh/m <sup>2</sup> )	24.3	25.7	25.5	27.5
Energiåtgång (TWh) år 2020 för arbetsresor	1.3	2.7	2.8	3.0

Den genomsnittliga energitätheten för hela regionen ligger runt 25 kWh/m<sup>2</sup>. Här skall dock noteras att hela bebyggelse-tillskottet antagits tillkomma som förtätning av redan existerande, ibland mycket glest bebyggda, bostads- och arbetsplatsområden. Överslagsmässigt brukar gränsen för fjärrvärmens lönsamhet bedömas ligga mellan energitätheter på 20-30 kWh/m<sup>2</sup>.

### Kommuner

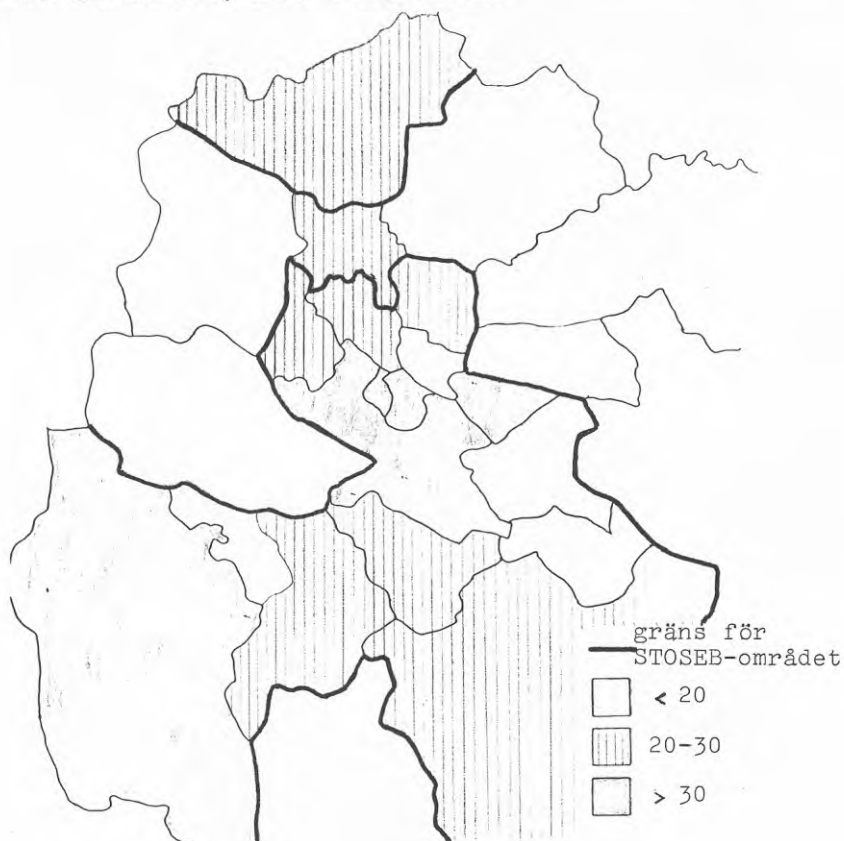
Vi väljer att koncentrera oss på energiåtgång för uppvärmning och arbetsresor i det mest expansiva och mest ut-spridda alternativet, scenario IV. Figur 6.3 visar den kommunvisa fördelningen av energianvändningen för uppvärmning och arbetsresor år 2020. Arbetsresornas andel av energiåtgången i hela regionen är ca 14%. I Stockholms kommun är arbetsresornas andel endast ca 6% medan motsvarande siffra i många ytterkommuner når värden på 20-30%. För Södertälje, Nynäshamn och Norrtälje torde vår schablonmässiga beräkning av energiåtgången för arbetsresor innebära en överskattning beroende på att dessa kommuner i mindre grad än övriga är integrerade i den regionala arbetsmarknaden (jfr kap 5).



Figur 6.3: Energiåtgång (TWh) för uppvärmning av bostäder, arbetsplatser samt för arbetsresor år 2020, scenario IV.

Stockholms kommun svarar för ca 40% av regionens totala uppvärmningsenergi år 2020 i scenario IV. Andelen av regionens totala uppvärmningsbehov för bostäder är 38% och för arbetsplatser 47%. Figur 6.3 visar att endast Stockholm, Solna, Sundbyberg, Lidingö och Södertälje uppnår genomsnittliga energitätheter på över 30 kWh/m<sup>2</sup>. I ett nordsydligt band finns ett antal kommuner med energitätheter på 20-30 kWh/m<sup>2</sup>. Övriga kommuner (inklusive centralt belägna Danderyd) har genomsnittliga energitätheter understigande 20 kWh/m<sup>2</sup>. Vi kan notera att de kommuner, som inte ingår i Stockholmsregionens energibolag (STOSEB), har

låga genomsnittliga energitätheter (undantag: Upplands-Väsby). Enskilda kommundelar kan givetvis avvika från dessa genomsnitt, mera därom nedan.

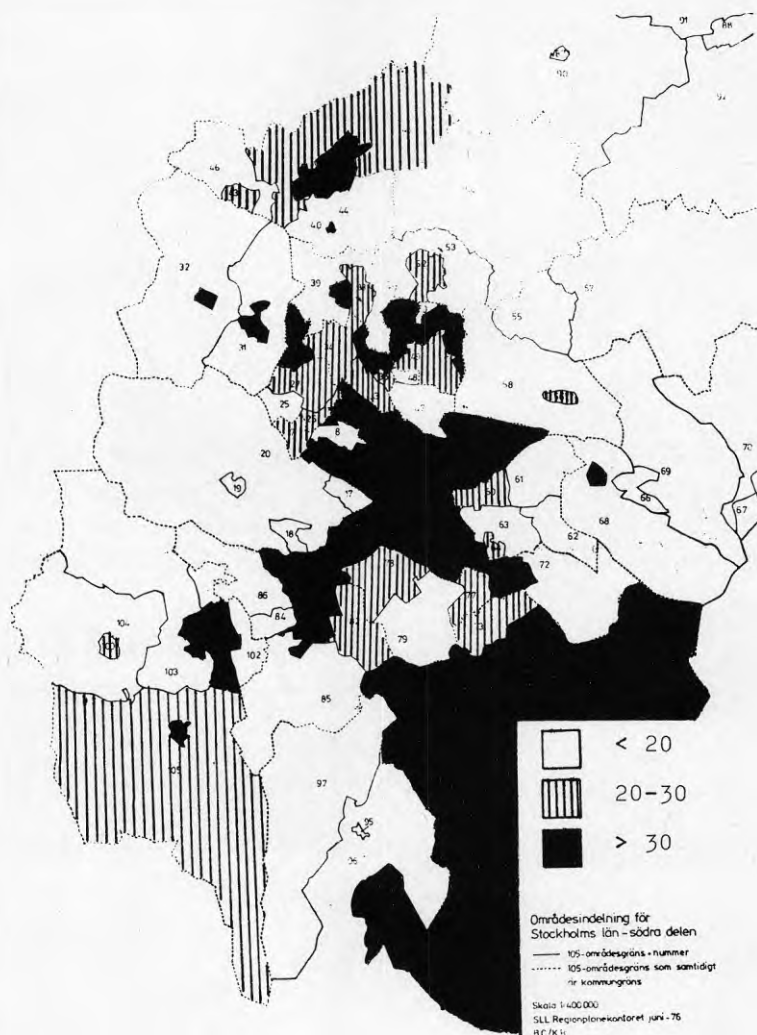


Figur 6.4: Kommuner med genomsnittliga energitätheter högre än  $30 \text{ kWh/m}^2$  resp. lägre än  $20 \text{ kWh/m}^2$  år 2020, scenario IV.

#### Kommundelar

Modellen beräknar för varje scenario ett stort antal uppgifter för var och en av 105 kommundelar. Dessa uppgifter omfattar befolkning, bostadsbyggande, bostadstyp, bebyggelsens ålderssammansättning samt indikatorer för medelrestid och befolkningstäthet. På energisidan anges

energiåtgång för uppvärmning av gamla (byggda före 1975) och nya (byggda efter 1975) bostäder och arbetsplatser, energitäthet samt uppskattad energianvändning för arbetsresor. Figur 6.5 visar kommundelar med låg, medelhög och hög energitäthet år 2020 (scenario IV). I stora drag framgår samma mönster som i kommunredovisningen, figur 6.4.



Figur 6.5: Kommundelar med genomsnittliga energitätheter högre än 30 kWh/m<sup>2</sup> resp. lägre än 20 kWh/m<sup>2</sup> år 2020, scenario IV

Dock finns tydliga inomkommunala skillnader. Vissa glesbygdsområden har tillordnats energitåtheter som kan tyckas orimligt höga, vilket sammanhänger med den ovan påtalade svårigheten att specificera yttillgången för bebyggelse på lång sikt. De områden som i figur 6.5 kännetecknas av höga energitåtheter svarar för en total uppvärmningsenergi uppgående till 12.8 TWh (69% av regionens totala uppvärmningsbehov). Detta kan uppfattas som en uppskattning av fjärrvärmens potential. I den regionala energiplanen STOSEB 80 angavs att fjärrvärmens för STOSEB-kommunerna bör byggas ut till att omfatta 85% av värmebehovet eller ca 12.5 TWh.

Tabell 6.3 visar för en central och en perifer kommun del hur resultaten varierar mellan de fyra scenarierna. Vallentunas befolkning och bostadsbyggande ökar monotont vid övergång från scenario I till IV och uppnår aldrig maximal nivå. Den höga totalbefolkningen i scenario IV gör att Bromma då (men endast då) uppnår maximalt bostadsbyggande. Energi-användningen för arbetsresor uppgår i Bromma till ca 5-7% av totala uppvärmningsenergin medan motsvarande siffra för Vallentuna är 13-27%. Totala värmebehovet år 2020 varierar i Bromma med knappt 15% mellan scenarierna och i Vallentuna med drygt 40%.

Tabell 6.3: Resultatexempel på kommunnivå

Kommundel	Scenario	Befolkning	Nya bostäder	Nya arbetspl	Energianvändning 2020 (GWh)		
		2020	1975-2020	1975-2020	Bost	Arbpl	Arbresor
5 Bromma	I	37529	9035	5672	285	186	24
	II	41666	13147	6419	318	190	38
	III	36701	10482	1895	296	167	32
	IV	46243	18361	2342	360	169	37
52 Centrala Vallentuna	I	14321	2440	1591	83	21	14
	II	15345	3252	2854	92	27	35
	III	16849	4033	4102	100	33	37
	IV	20986	6333	4403	124	35	43



Effekter av energihushållning

Ovan redovisade resultat bygger på mycket modesta antaganden om energihushållning i befintlig bebyggelse och inom transportsektorn. I stort sett oförändrade åtgångstal ( $\text{kWh/m}^2$  lghyta,  $\text{kWh/personkm}$ ) torde endast vara förenliga med antaganden om sjunkande oljepriser (scenario IV, jfr kap 3). Övriga scenariers antaganden om stigande energipriser (från 1980 års rekordnivå) bör leda till energihushållning av betydande omfattning. Vi skall här mycket schablonmässigt illustrera hur Stockholmsregionens energianvändning för uppvärmning och arbetsresor kan komma att utvecklas med hänsyn till effekter av energihushållningsåtgärder.

I Johansson och Steen m fl (1983) anges energiåtgångstal år 2010 dels i 1980 års bebyggelse och dels i senare tillkommen ny bebyggelse. De av oss använda åtgångstalen ligger ca 30% högre (för befintliga flerbostadshus och lokaler 40-50% högre). Vi antar att scenarierna II-III, som bygger på 2% årlig oljeprishöjning från 1980, leder till en genomsnittlig energihushållningseffekt på 30% år 2020 både vad gäller uppvärmning och vad gäller arbetsresor. För arbetsresor med bil innebär antagandet att bensinförbrukningen per mil minskar från 1.0 l till 0.7 l (lägre energiåtgång per person om flera personer utnyttjar bilen). Vi antar vidare att i scenario I, som bygger på extremt snabb energiprishöjning, den genomsnittliga energihushållningseffekten uppgår till 50% både inom uppvärmning och transporter (utöver den energihushållning som sammanhänger med förändrat beteende p g a slopade reseavdrag).

Tabell 6.4 visar att vi för år 2020 uppskattar ett maximalt intervall för Stockholmsregionens uppvärmningsenergi till 8.2-18.6 TWh. (En 30%-ig energihushållningseffekt även i scenario I skulle ge intervallet 11.4-18.6 TWh). Som ovan nämnts beräknade Regionplanekontoret 1982 motsvarande maximala intervall till 12.8-23.5 TWh. Skillnaden kan endast delvis (ca 0.6 TWh) förklaras av mera optimistiska sysselsättningsprognoser i Regionplanekontorets kalkyl.

Tabell 6.4: Effekter av schablonmässigt hänsynstagande till energihushållning, Stockholms län.

	Scenario			
	I	II	III	IV
Energiåtgång <u>utan</u> hänsyn till energihushållningseffekter:				
Uppvärmning av bebyggelse	16.3	17.4	17.3	18.6
Arbetsresor	1.3	2.7	2.8	3.0
Energiåtgång <u>med</u> hänsyn till energihushållningseffekter:				
Uppvärmning av bebyggelse	8.2	12.2	12.1	18.6
Arbetsresor	0.7	1.9	2.0	3.0

#### 6.4 Avslutande kommentar

Vi har koncentrerat ovanstående resultatredovisning på energikonsekvenser av långsiktiga markanvändningsalternativ för Stockholmsregionen. Därutöver har vissa egenskaper hos de fyra alternativen angivits för Stockholmsregionen som helhet. Som en indikation på de stora skillnaderna mellan alternativen kan vi ytterligare anföra att i scenario I är fördelningen av bostadsbyggandet mellan Stockholms kommun, halvcentrala kommuner och perifera kommuner: 54%, 29%, 17%. Motsvarande fördelning i scenario IV är 38%, 31%, 31%. Trots dessa stora skillnader i aktivitetsnivå och geografisk struktur är variationen i total energianvändning för uppvärmning av bebyggelse och för arbetsresor måttlig om samma grad av energihushållning antas i de olika alternativen. Detta beror på att energiåtgångstalen för uppvärmning antagits vara lika i alla delar av regionen samt att energiåtgången för ny bebyggelse antagits bli låg. Först om olika energihushållningseffekter förutsätts i de fyra scenarierna, som en följd av skilda prisantaganden, uppstår stora variationer i total energianvändning, se tabell 6.4.

För scenario IV har vi illustrerat energiresultat på kommunnivå och kommunalsnivå. På kommunalsnivå framstår skillnaderna mellan strukturalternativen mycket klart även om samma energihushållningsnivå förutsätts i de fyra alternativen, se tabell 6.3.

Energikalkylerna i detta kapitel skall ses som mycket grova överslagsberäkningar. Noggrannare metoder för att analysera energitillförsel och energihushållning i bebyggelsen samt energiåtgång för arbetsresor diskuteras i andra kapitel i denna rapport. För sådana noggrannare beräkningar är detaljerad information om regionens bebyggelsestruktur på lång sikt en nödvändig förutsättning. Vår metod kan ses som ett hjälpmedel att systematiskt generera geografiskt detaljerad information på basis av skilda omgivningsscenarier. Den ger underlag för t.ex. trafikprognosmodeller och analyser av värmeproduktion och -distribution.

För att direkt kunna väga in energipolitiska mål vid utformning av långsiktiga markanvändningsalternativ måste vi formulera energipolitiskt relevanta mått som kan uttryckas i termer av kommundelarnas energianvändning och energitätheter. Ytterligare forskning återstår innan vi direkt med hjälp av modeller kan illustrera vad som skulle kunna vara ur energiaspekter optimala regionstrukturer.

### 6.5 Litteratur

- Johansson, TB, Steen, P, m fl, 1983, Perspektiv på energi - om möjligheter och osäkerheter inför energiomställningen DsI 1983:18, Rapport till 1981 års energikommité, Industridepartementet, Stockholm
- Lundqvist, L, 1983, Metoder för analys och planering av bebyggelse- och transportsystem, Rapport R6:1983, Byggeforskningsrådet, Stockholm

- Lundqvist, L, 1984, Framtidsbilder för Stockholmsregionen - nationella och regionala perspektiv på socioekonomisk utveckling och energianvändning. Delrapport till REGI-projektet, Samhällsplaneringsgruppen, Stockholm
- Lundqvist, L, Mattsson, L-G, 1983, Transportation systems and residential location, European Journal of Operational Research 12, 279-294
- Regionplanekontoret, 1982, Bilagor till yttrande över STOSEB 80, Regionplanekontoret, Stockholm

## 7. PENDLINGSMÖNSTER OCH ENERGIANVÄNDNING

Lars Lundqvist

### 7.1 Bakgrund

Vi har i kapitel 4-6 berört olika sätt att behandla energiåtgången i transportsektorn och dess samband med lokalisering av bostäder och arbetsplatser. Därvid behandlades transportsystemen på ett översiktligt sätt i form av restids- och reskostnadsmatriser mellan områdespar. Under det senaste decenniet har det skett en snabb utveckling av metoder för analys av jämviktsflöden i stora trafiknätverk, se Boyce (1984). Det är nu möjligt att med hjälp av matematisk programmering lösa simultana trafikfördelning - färdmedelsval - ruttval -problem med flera tusen länkar och tusentalet noder. Ett sådant exempel på avancerade prognosystem är EMME (Equilibre Multi-Modal/Multi-Modal Equilibrium) som utvecklats vid Université de Montréal (Achim, Florian, 1979), och som nu håller på att installeras vid Trafikkontoret, Stockholms läns landsting.

Vi skall i detta kapitel redogöra för ett samarbete med professor David E. Boyce, University of Illinois, som pågått sedan ett år. Syftet med detta forskningssamarbete är att utveckla trafikprognosmodeller, som kan hantera trängseleffekter på länknivå, och som simultant löser flera delproblem i den traditionella stegvisa trafikplaneringsansatsen: trafikgenerering, trafikfördelning, färdmedelsfördelning och ruttval. Vi söker flexibla trafikprognosmodeller, som kan:

- kopplas samman med våra markanvändningsmodeller så att rimligheten i restids- och reskostnadsantaganden kan prövas;
- ge prognoser av energianvändning för arbetsresor

- i alternativa region- och kommunstrukturer
- ge underlag för skattning av makrosamband mellan strukturmått av typ tillgänglighet och mått på förväntat resebeteende av typ reslängd och energianvändning.

## 7.2 Simultana modeller

De fyra stegen i den traditionella trafikplaneringsansatsen kan kombineras på en rad olika sätt till simultana prognosmodeller för trafiksystem (med länkbaserad beskrivning av nätverken):

- kombination av trafikgenerering (kostnadselastisk efterfrågan) och ruttval (jämvikts-assignment) - CGA
- kombination av resefördelning och färdmedelsval - CDM
- kombination av resefördelning och ruttval (för t.ex. bilresor) - CDA
- kombination av färdmedelsfördelning och ruttval (ruttval kan avse ett eller flera färdmedel) - CMA
- kombination av resefördelning, färdmedelsfördelning och ruttval för flera färdmedel - CDMA

Inom denna modellram kan även kombination av lokalisering och trafikjämvikt behandlas, Boyce (1980).

EMME-systemet, som håller på att installeras hos Trafikkontoret, Stockholms läns landsting, är av CMA-typ med ruttvalsmodeller för både biltrafik och kollektivtrafik.

Även om det senaste årtiondets metodutveckling börjat påverka de modeller som används i planeringssammanhang så finns det fortfarande en betydande eftersläpning, se Boyce (1984). I USA har under senare år nya metoder för analys av ruttval (traffic assignment) inkluderats i kommunikationsdepartementets modellsystem (UTPS). Implementeringen av EMME i Stockholmsregionen är det första exemplet i Sverige på användning av modern metodik för ruttval som led i ett integrerat modellsystem.



För analys av energianvändning inom transportsektorn är prognoser över arbetsresandet av stor betydelse. Arbetsresorna svarade 1973 för knappt hälften av persontrafikarbetet i korta reserelationer och för mer än hälften av energianvändningen. I Stockholmsregionen utgjorde arbetsresorna år 1971 ca 1/3 av alla bostadsbaserade resor. Arbetsresorna är avgörande för trafikapparatens dimensionering och de trängselfenomen som kännetecknar trafiken i rusningstid i storstadsregioner och andra större tätorter. Energianvändningen påverkas både direkt (t.ex. bilköer) och indirekt (omfördelning mellan färdmedel) av trängseleffekterna.

Inom projektet "Regionplanering och framtida energisystem" (REGI) svarar EMME-systemet för analys av energianvändning för arbetsresor i Stockholmsregionen. Genom en detaljerad beskrivning av linjenäten inom kollektivtrafiken och genom beräkning av trafikflöden på enskilda länkar i vägnätet kan energiprognoser utföras med god noggrannhet. Vårt samarbete med professor Boyce syftar till att utveckla simultana modeller som lätt kan användas i kommuner och regioner av olika storlek och struktur. I regioner utan trängseleffekter av betydelse bör trafikprognoserna vara av CDM-typ, medan de i storstadsregioner och större tätorter bör vara av CMA- eller CDMA-typ. Modellkörningar på nätverk av måttlig storlek bör så småningom kunna utföras på mikrodator och kopplas till interaktiva system för hantering av indata och presentation av resultat.

### 7.3 Pågående forskningssamarbete

Samarbetet med professor Boyce omfattar modeller av CMA- och CDMA-typ som tidigare använts för trafikprognoser i Chicagoregionen, se Boyce et al (1981) och Chon et al (1983). Modellerna har vid storskalig användning utnyttjat UTPS-paketets assignmentprogram. Vårt samarbete siktar till att ta fram programvara som är oberoende av UTPS men som ändå kan klara av stora problem. För närvarande testas sådana program på Stockholms-data av samma detaljeringsgrad som indata till EMME-systemet (175 zoner,

1028 noder, 3022 väglänkar).

#### CMA-modellen

Denna modell utgår från att en fullständig resematris innehållande totala antalet resor mellan områdespar är känd för prognostidpunkten. Modellen bestämmer en färdmedelsfördelning och fördelning av bilresor över tänkbara färdvägar så att:

- samtliga rutter som används för bilresor mellan ett visst områdespar har samma restid (eller generaliserad reskostnad); övriga, icke använda rutter, är förknippade med längre restid (högre kostnad)
- kollektivresor utnyttjar kortaste vägen i befintligt linjenät och restiderna (reskostnaderna) är oberoende av flödena i bilvägnätet
- färdmedelsfördelningen mellan bil- och kollektivtrafik följer ett logistiskt samband

I modellen åstadkommes den önskade färdmedelsfördelningen genom att införa en restriktion av entropityp som anger graden av spridning över färdmedel.

#### CDMA-modellen

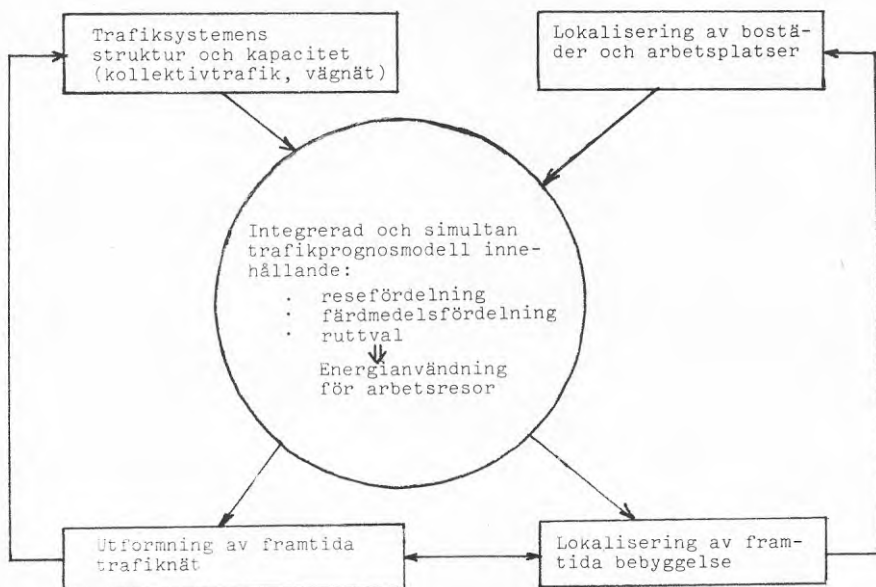
Till skillnad från CMA-modellen är inte antalet resor mellan områdespar fastlagt utanför modellen. I stället används information om bostädernas och arbetsplatsernas lokalisering för att, tillsammans med ytterligare en restriktion av entropityp, simulera resefördelningen mellan områdena samtidigt som färdmedelsfördelning och ruttval bestäms. Bostädernas lokalisering införs som en egentlig restriktion, dvs. antalet arbetsresor som utgår från ett visst bostadsområde skall exakt motsvara den förvärvsarbetande nattbefolkningen. Arbetsplatsernas lokalisering tas hänsyn till indirekt via formuleringen av entropi-restriktionen för resefördelningen (där arbetsplatsfördelningen kommer in som en s.k. a priori-sannolikhet). Även om hänsyn till arbetsplatsernas lokalisering tas på detta sätt behöver inte antalet arbetsresor som slutar i ett visst område exakt överensstämma med antalet arbetsplatser i detta område.

### CODMA-modellen

Även denna modell bestämmer simultant resefördelning, färdmedelsfördelning och ruttval. Till skillnad från CDMA införs en egentlig restriktion för totala antalet arbetsplatser i varje område. Resefördelningsproblemet blir därigenom "dubbelt begränsat" och svårare att lösa. Ett förslag till lösningsmetod presenterades i Florian, Nguyen (1978). I samarbete med professor Boyce har vi utarbetat effektivare metodik, som dock ännu inte testats. Siktet är inställt på att ta fram programvara för mikrodatorer som kan användas för analys av små och medelstora trafiknät (50 områden, 100-200 noder, 500 länkar).

### 7.4 Pendlingsmönster och energianvändning

Ovan skisserade modeller ger information om reslängder (anges externt i CMA), färdmedelsfördelning och trafikflöden på enskilda länkar. Därigenom kan energianvändningen för arbetsresor beräknas med hänsyn till de olika färdmedlens energieffektivitet och hastigheter i bilvägnätet, se figur 7.1. I figuren antyds också hur trafikprognosmodellerna kan kopplas samman med modeller för utformning av trafiknät och lokalisering av bebyggelse (se även Lundqvist (1973)). På detta sätt kan resmönstrens (och energianvändningens) beroende av både regionstruktur och beteendefaktorer analyseras.



Figur 7:1 Sammankoppling av modeller för pendlingsprognoser, design av trafiksystem och lokalisering

### 7.5 Litteratur

- Achim, C, Florian, M, 1979, EMME - a computer system for urban transportation planners, Publication Nr 127, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal
- Boyce, D E, Leblanc, L J, Chon, K S, Lee Y J, Lin, K T, 1981, Combined models of location, destination, mode and route choice: a unified approach using nested entropy constraints, Publication Nr 3, Transportation Planning Group, University of Illinois at Urbana-Champaign

- Boyce, D E, 1980, A framework for constructing network equilibrium models of urban location, Transportation Science, Vol 14, 77-96
- Boyce, D E, 1984, Urban transportation network-equilibrium and design models: recent achievements and future prospects, Environment and Planning A, Vol 16, 1409-1542
- Chon, K S, Eash, R W, Boyce, D E, 1983, Testing of combined urban location and travel choice models, paper presented at Chicago meeting of Operations Research Society of America
- Florian, M, Nguyen, S, 1978, A combined trip distribution, modal split and trip assignment model, Transportation Research, Vol 12, 241-246
- Lundqvist, L, 1983, Metoder för analys och planering av bebyggelse- och transportsystem, Rapport R6:1983, Byggeforskningsrådet





## 8. UTFORMNING AV REGIONALA ENERGISYSTEM

Lars Lundqvist

### 8.1 Bakgrund

I detta kapitel diskuterar vi utformning av energisystem i en region eller en kommun med given bebyggelsestruktur. Vi antar således att bebyggelsens lokalisering och dess fördelning på byggnadstyper och åldersklasser är specificerad både vid basåret och under hela planeringsperioden. Dessutom utgår vi från att energisystemet vid basåret är givet. Med energisystem menar vi såväl anläggningar för "produktion" och distribution av ledningsbunden energi (elektricitet, fjärrvärme, gas) som energiomvandling och energihushållning i varje enskild byggnad. Följande huvudfrågor vill vi försöka belysa:

- hur skall en lämplig avvägning mellan ledningsbunden energiförsörjning och individuella system åstadkommas?
- hur integrerade bör de ledningsbundna systemen vara?
- vilka energisparnivåer är motiverade i olika typer av bebyggelse beroende på valet av energiförsörjningsalternativ?
- hur påverkas svaren på ovan berörda frågeställningar av förändrade förutsättningar i form av nybebyggelse, energipriser och ny energiteknik?

För analys av regionala energisystem har hittills två typer av modellansatser använts. Den ena representeras av övergripande energisystemmodeller som täcker hela kedjan av energiomvandlingar från import och utvinning till slutanvändning. Dessa modeller har använts på skilda geografiska nivåer : världsregioner, nationer, landsdelar och kommuner. Den andra typen av ansatser repre-

senteras av modeller som tar "tillförseldelen" av energisystemet för given och analyserar valet mellan ledningsbunden energi, individuella energitekniker och energihushållning i ett visst byggnadsbestånd. Även denna typ av modeller har använts på skilda geografiska nivåer.

## 8.2 Svagheter i hittills använda modellansatser

I Sverige har de systemövergripande modellerna MESSAGE II och MARKAL använts på regional och kommunal nivå i Stockholm, Jönköping och Sundsvall. Vid MESSAGE-tillämpningar i Stockholm fördelades delområdena på tre energitäthetsklasser för att spegla olikheter i distributionskostnader för ledningsbunden energi. I övrigt behandlades regionen som en enhet, (Strömquist, 1982). När MESSAGE utnyttjades i Sundsvall delades kommunens centrala område in i fem delområden, (Sundström et al, 1983). Det centrala fjärrvärmeområdet indelades vidare i fyra energitäthetsklasser. Vid beräkningar med MARKAL på Jönköping representerades kommunen av fem geografiska områden, (Wene, Andersson, 1983).

Även tillämpningar av efterfrågeorienterade bostadsuppvärmningsmodeller (t.ex. KEB) har vanligen gällt ett geografiskt område (nation, kommun, stadsdel) möjligen uppdelat i typområden och energitäthetskategorier, (Saros, 1984). I en KEB-studie av Stockholmsregionen definierades fyra regiondelar med vardera sex lägenhetstyper (uppvärmningsform, bebyggelsestyp, byggnadstyp), se Mäler, Bergman (1982).

Vi kan således konstatera att det verkar vara svårt att kombinera båda modelltyperna med en tydlig och någorlunda detaljerad geografisk uppdelning. Av detta skäl är modellerna inte särskilt lämpade för en analys av fjärrvärmens utformning, åtminstone inte i storstadsregioner där stora förändringar av befintliga nät är tänkbara (sammankoppling, expansion av kapacitet och utbredning). En annan gemensam svaghet hos de två nämnda modellklasserna är att de inte kan beakta kostnadsstrukturen hos odelbara anläggningar (fasta kostnader, rörliga kostnader)

på ett realistiskt sätt. Modellernas struktur (linjära programmeringsproblem) gör visserligen detta möjligt i princip, men deras storlek sätter i praktiken en mycket snäv gräns för antalet odelbara anläggningar.

I övrigt kan de båda modellansatserna sägas komplettera varandra. De systemövergripande modellerna (MESSAGE, MARKAL) ger en god bild av regional energiomvandling och kostnader för olika tillförselalternativ (t.ex. fjärrvärme, el), medan de i allmänhet bestämmer graden av energisparande för en viss byggnadstyp snarare än för bestånd definierade av byggnadstyp och uppvärmningsteknologi. Man kan säga att energisparandet blir beroende av "genomsnittlig" uppvärmningsteknologi i byggnadstypen ifråga. De efterfrågeorienterade modellerna (KEB) har däremot sin styrka i en detaljerad behandling av samtidiga val mellan energisparande och energitillförselalternativ. Deras svaghet är att kostnaden för ledningsbunden energi och andra energibärare måste bestämmas av modellanvändaren.

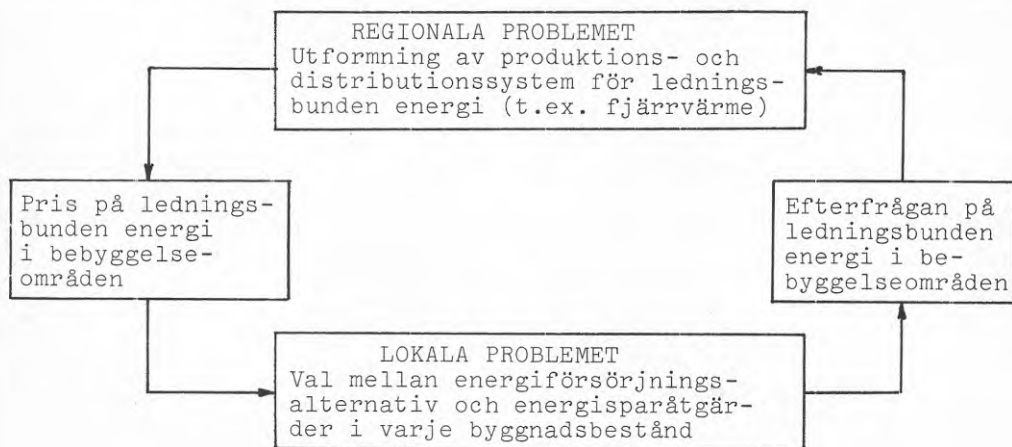
### 8.3 Ett nytt modellsystem

Samhällsplaneringsgruppen har medverkat till utvecklingen av ett nytt modellsystem för utformning av regionala energisystem, se Holmberg et al (1983). Huvuddelen av detta utvecklingsarbete har bedrivits vid Uppdragsgruppen för Tillämpad Matematik vid KTH. Syftet med det nya modellsystemet (DORES) var att komplettera och integrera redan existerande modellansatser. Därvid betonades särskilt följande önskvärda egenskaper:

- odelbarheter i energiproduktion och energidistribution skall kunna hanteras;
- nätverken för distribution av ledningsbunden energi skall representeras geografiskt;
- valet av energisparnivå skall tillåtas variera mellan olika uppvärmningsteknologier i ett givet byggnadsbestånd

Dessa krav kan inte tillgodoses inom ramen för en modell och utan att ge upp vissa goda egenskaper hos befintliga modellansatser. Vi har valt att utarbeta ett modellsystem bestående av i huvudsak två delmodeller, se figur 8.1. Den ena av dessa behandlar det regionala problemet omfattande lokalisering och dimensionering av anläggningar för "produktion" och distribution av ledningsbunden energi (i våra exempel fjärrvärme). Den andra delmodellen bestämmer för varje byggnadsbestånd (med väldefinierad uppvärmningsteknologi, lokalisering, ålder, byggnadstyp) en kostnadsminimerande kombination av energitillförselalternativ och energisparnivå (lokala problemet).

Trots uppdelningen i modellsteg har vi tvingats till ytterligare förenklingar i delmodellerna för att snabbt få fram en fungerande första version av modellsystemet.



Figur 8.1: Modellsystem för utformning av regionala energisystem (DORES)

Således har vi valt att bestämma ledningsnätens struktur utanför modellsystemet. Vi antar vidare att kostnaden för att försörja ett visst delområde från en given produktionsenhet är relaterad till kortaste vägen mellan anläggning och bebyggelseområde i det givna nätverket. Eventuella kapacitetsbegränsningar måste anges för flöden mellan

anläggning och behovsområde. Genom denna förenklade behandling av kostnader och kapaciteter i distributionsnäten kan effektiv lösningsmetodik utnyttjas. Det är inga modell- och metodmässiga svårigheter att beskriva nätverket i form av kostnader och kapaciteter för enskilda länkar, men de lösningstekniska svårigheterna sätter då snävare gränser för hanterbar problemstorlek. En annan typ av förenkling i det regionala problemet består i att vi specificerar anläggningarnas kapacitet utanför modellen samt antar att dessa är konstanta över säsonger och över anläggningarnas livslängd. Även dessa förenklingar kan överges till priset av längre beräkningstider.

På motsvarande sätt har det lokala problemet överförs till en form som lätt kan lösas genom att antalet konverteringsmöjligheter (byten av uppvärmningssystem över tiden) och antalet sparstrategier begränsas. Vidare har inga restriktioner för det lokala utnyttjandet av någon uppvärmningsteknologi beaktats. Det är lätt att undgå dessa förenklingar genom att formulera det lokala problemet som ett linjärt programmeringsproblem (av en typ liknande KEB). Med tanke på att ett stort antal sådana delproblem genomlöps i DORES måste en avvägning ske mellan önskemålen om exakthet i modellformulering och korta beräkningstider.

Det bör tilläggas att DORES behandlar varje ledningsbunden energiform separat. Vid eventuella kopplingar mellan t.ex. värme- och gasproduktion (energikombinat) måste tills vidare dessa samband hanteras utanför modellen. En samtidig behandling av flera ledningsbundna energiformer skulle spränga gränserna för beräkningsmässig hanterbarhet. Slutligen skall påpekas att den beräkningsmetod som använts för det regionala problemet ger "bra" men inte nödvändigtvis optimala lösningar.

Sammanfattningsvis kan sägas att DORES har attraktiva egenskaper när det gäller behandling av geografisk struktur, nätverk och odelbara anläggningar. DORES integrerar också tidigare ansatser som varit antingen tillförsel-



orienterade eller efterfrågeorienterade. Detta har, åtminstone inledningsvis, endast kunnat ske till priset av vissa förenklingar på både tillförsel- och användarsidan.

#### 8.4 Testresultat

Vårt modellsystem har prövats på två olika problem från Stockholmsregionen. Dels har hela modellsystemet tillämpats på områden som ligger i anslutning till de regionala fjärrvärmenäten (totalt 32 delområden). Dels har regionala modellsteget använts för att analysera produktions- och distributionsproblem i Stockholms nordvästra fjärrvärmenät (17 delområden).

I testen av hela modellsystemet behandlades 58 befintliga och 30 potentiella anläggningar för fjärrvärmeproduktion. De regionala näten antogs integrerade till ett sydnät (inklusive Södermalm) och ett nordnät. Beräkningarna omfattade fyra tidsperioder mellan 1983-2019. Först sattes ett fjärrvärmepris och det lokala problemet löstes för vart och ett av de 32 områdena. Därigenom erhöles en uppskattning av fjärrvärmebehovets utveckling över tiden i varje behovsområde med hänsyn till konkurrens från andra energiteknologier inklusive energisparande. Sedan beräknades genom kostnadsminimering hur uppbyggnaden av fjärrvärmeproduktionen förändras över hela planeringsperioden. På basis av denna lösning till det regionala problemet beräknades därefter marginalkostnader för fjärrvärme och en ny iteration med hela modellsystemet kunde starta. Lösningarna till tre sådana iterationer visade att modellen uppförde sig mycket rimligt och att både fjärrvärmebehov och fjärrvärmeproduktionens struktur föreföll stabila. De totala kostnaderna reducerades med 1-2%.

I testkörningen av det regionala modellsteget på Stockholmsregionens nordvästra fjärrvärmenät (Hässelby-Akalla-Solna-Sundbyberg-Järfälla) användes samma indelning i tidsperioder som ovan. 18 befintliga och 13 potentiella anläggningar ingick i beräkningarna. Behovet av fjärrvärme i de 17 delområdena antogs sammantaget växa med ca 10%



under planeringstiden. Fjärrvärmenätet antogs vara helt integrerat från 1990. I den optimala lösningen ersätts hetvattencentraler och befintlig kraftvärme av värmepumpar, avfallsförbränning och ny kolförbränningsteknik (PFBC). Om den nya kolförbränningstekniken "förbjuds" ersätts den till största delen av nya kraftvärmeverk. Kostnaden ökar därigenom med 3.5%. Lösningarna till det regionala problemet innehåller kompletta förslag till vilka anläggningar som skall öppnas och stängas, när detta skall ske, och hur stor produktionsvolymen skall vara i varje tidsperiod.

### 8.5 Vidareutveckling

Modellsystemet (DORES) behöver utvecklas i en rad avseenden. Vi har föreslagit metodutveckling både vad gäller lokala modellsteget och regionala modellsteget samt samordningen mellan dessa. För att göra systemet tillgängligt för kommunala och regionala energiplanerare måste datahantering, modellkörning och resultatpresentation utformas på ett flexibelt och användarvänligt sätt. Slutligen bör modellsystemets potential ytterligare testas av planerare och beslutsfattare i konkreta fallstudier. I skrivande stund är finansieringen av en vidareutveckling enligt dessa intentioner inte löst.

### 8.6 Litteratur

- Holmberg, G, Lundqvist, L, Pettersson, L, Svanberg, K, Widlert, S, 1983, Optimering av regionala energisystem - en datorbaserad planeringsmodell, TRITAMAT-1983-10, Matematiska institutionen, KTH
- Mäler, K-G, Bergman, L, 1982, Storstockholms värmeförsörjning: en samhällsekonomisk analys, ingår i Bilagor till yttrande över STOSEB 80, Regionplanekontoret, Stockholms läns landsting
- Saros, G, 1984, Optimeringsmodell för kommunal energihushållningsplanering (KEB) - beskrivning och tillämpningsexempel, Rapport R91:1984, Byggnadsforskningsrådet

- Strömquist, U, 1982, Energiomvandling och systemanalys, ingår i Bilagor till yttrande över STOSEB 80, Regionplanekontoret, Stockholms läns landsting
- Sundström, B, Snickars, F, Pellijeff, M, 1983, MESSAGE II - Datormodell för långsiktig kommunal energiplanering - fallstudie Sundsvall, Expertgruppen för forskning om regional utveckling, Industridepartementet
- Wene, C-O, Andersson, O, 1983, Långsiktig kommunal energiplanering - praktikfall Jönköping, Efn/AES 1983:4, Energiforskningsnämnden

## 9. SAMORDNAD ÖVERSIKTLIG PLANERING

- om välfärds-, kostnads- och energiperspektiv på planering av bostadsförsörjning och infrastruktur

Lars Lundqvist

### 9.1 Inledning

Den översiktliga kommunala planeringens roll och innehåll håller på att förändras. Flera faktorer har bidragit till detta. Osäkerheten beträffande den ekonomiska utvecklingen har ökat under det senaste decenniet, bl.a. som en följd av energiprisernas instabilitet. Under samma period har näringslivets strukturomvandling fortsatt och hotat överlevnaden i många kommuner och regioner. Initiativ på kommunal nivå har blivit alltmer betydelsefulla för att upprätthålla välfärd och sysselsättning i en tid av ekonomisk stagnation och obalans. Inom energipolitiken har kommunerna ett stort ansvar för energibesparande åtgärder och för en långsiktigt optimal avvägning mellan investeringar i energihushållning och energitillförsel.

Vi kan således konstatera att den översiktliga kommunala planeringen arbetar i ett klimat av stor osäkerhet och ökade krav på integrering av skilda aspekter (fysiska, ekonomiska, sociala, energimässiga). Vidare noterar vi en trend mot ökad decentralisering och växande tilltro till lokala och regionala initiativ och problemlösningar. Det är därför angeläget att utveckla strategiskt orienterade analysmetoder som utgår från en helhetssyn på den översiktliga planeringen: dess mål och inbördes konflikter, inverkan av osäkerhetsfaktorer, behov av handlingsberedskap och handlingsfrihet etc. De metoder, som diskuteras i detta avsnitt, skall ses som ett steg i en sådan utveckling.

## 9.2 Översiktsplanering i Uppsala

Vår utveckling av metoder för samordnad översiktlig planering har skett i anslutning till kommunprogramarbetet i Uppsala kommun. Vi har nära samarbetat med planeringskontoret och sökt anpassa våra angreppssätt till planeringssituationen i Uppsala. Inom ramen för kommunprogramarbetet utarbetades i en första etapp ett antal rapporter över delaspekter av kommunens framtid : mål och resursanspråk för boende, arbete, service, miljö, transporter etc. Rapporterna låg sedan till grund för en studiebok "Uppsala i framtiden", som publicerades hösten 1982. Där diskuteras utvecklingen av befolkning och näringsliv i kommunen som helhet, resursbegränsningar, välfärdsaspekter, bebyggelsestrukturer på kort och lång sikt samt former för beslut och förvaltning. Hösten 1984 framlades ett första förslag till samlat kommunprogram för perioden 1985-1995. På basis av kommunprogrammets intentioner skall en kommunal översiktsplan tas fram där frågor om bebyggelsestrukturen behandlas mera ingående.

Planeringssituationen i Uppsala präglas av förväntningar om fortsatt tillväxt av befolkning och näringsliv, om än i långsammare takt än under 60- och 70-talet. Under en 10-årsperiod förväntas befolkningen växa med ca 13000 personer och antalet arbetsplatser (inkl. utpendling) med ca 7000. Osäkerheten i dessa uppskattningar bedöms vara  $\pm$  40% (enl. studieboken). Under kommunprogramarbetets gång har de strategiska målen för utvecklingen av bebyggelse och infrastruktur behandlats ingående (t.ex. i rapporter från arbetsgrupper, i särskilda PM, i studiebokens kapitel om välfärd och resurser samt i programförslagets strategier). Nedan återger vide grupper av mål som lyfts fram i kommunprogramarbetet:

- Mark och miljö: Marktillgång; byggbarhet; lokalmiljö; närrekreation; tillgänglighet till större grönområden; ekologiska konsekvenser; hänsyn till natur- och kulturvårdsintressen; exploateringskostnader.
- Serviceförsörjning: Tillgänglighet till förskola, grundskola, äldreomsorg, biblioteks- och fritidsverksamhet, distriktssjukvård och kommersiell service; kapacitetsutnyttjande; investeringskostnader.

- . Teknisk försörjning: Kostnader för vatten, avlopp, energitillförsel och brandskydd.
- . Energihushållning: Energiåtgång för transporter och uppvärmning; importberoende.
- . Trafik: Effektivitet i kollektivtrafiken; restid; kollektivtrafikandel; biltrafik i stadskärnan; förutsättningar för gång- och cykeltrafik; interregional tillgänglighet (speciellt till Stockholm).
- . Sysselsättning: Lokal tillgång till arbetsplatser; differentierad arbetsmarknad i staden och i utvecklingsorter; tillgänglighet till externt lokaliserade arbetsplatsområden.
- . Sociala förhållanden: Befolkningsammansättning; stabilitet i serviceefterfrågan; förändringstakt; överblickbara enheter.

Det understryks att värderingen av de olika aspekterna inte på något objektivt sätt kan sammanfattas i en totalsumma (för en given bebyggelsestruktur). Valet mellan olika utbyggnadsalternativ är ett politiskt ställningstagande som bör grundas på konsekvensbedömningar av olika handlingsalternativ.

Ett särskilt avsnitt i studieboken "Uppsala i framtiden" handlar om tänkbara utbyggnadsalternativ i ett långsiktigt perspektiv (ca 20 år). Syftet är att undersöka:

- . principer för utbyggnad av kommunens ortssystem
- . långsiktig markavsättning för att tillgodose bevarandeintressen
- . vilka utbyggnadsbeslut som måste fattas på kort sikt och hur dessa påverkar den långsiktiga handlingsfriheten.

Fem olika utbyggnadsalternativ presenteras. De bygger på skilda strukturprinciper: enkärnighet, pärlband, mångkärnighet osv. Varje alternativ beskrivs i termer av lokalisering av bostäder och arbetsplatser, kommunikationer, teknisk försörjning och skolförsörjning. Alternativen redovisas översiktligt i tabell 9.1.

För det korta tidsperspektivet (10 år) presenteras tre alternativa utbyggnader, se tabell 9.1. Även dessa bygger

på skilda grundläggande strukturprinciper. I tabell 9.1 markeras de strategiska vägvalen genom att rubrikerna på de tre kortsiktiga utbyggnadsförslagen anger vilka långsiktiga alternativ som är tänkbara "förlängningar". Om t.ex. det andra alternativet väljs för perioden 1982-1992 så pekar en fortsatt utveckling mot något av de långsiktiga alternativen 2 eller 5. Detta beror på att vissa tunga investeringar i t.ex. skolor måste göras i Knivsta/Alsike på kort sikt som inte behövs på lång sikt i alternativen 1, 3 och 4. Kortsiktigt nödvändiga investeringar i infrastruktur fungerar som "låsningar" i ett längre perspektiv. Givetvis kan sådana låsningar negligeras till priset av höga investeringskostnader.

Tabell 9.1: Föreslagen utbyggnad av bostäder (andelar av totala antalet lägenheter) enligt tre kortsiktiga och fem långsiktiga alternativ. För definition av tätorter, se figur 9.2.

	Utbyggnad på kort sikt (1982-1992)			Utbyggnad på lång sikt (1982-2002)				
	K1 Kompakt	K2 Pärband N-S Kompro- miss	K3 Utspritt Kompro- miss	L1 Kompakt	L2 Pärband N-S	L3 Pärband Ö-V	L4 Utspritt	L5 Kompro- miss
Uppsala stad	85.1	66.7	50.7	84.2	37.9	29.8	24.6	56.1
Björklinge*	1.4	4.0	4.0	1.8	7.6	1.9	5.3	5.1
Storvreta*	0.8	3.9	3.9	1.8	12.6	2.9	5.1	5.0
Knivsta*	3.7	10.0	10.1	4.6	8.9	4.3	4.9	4.8
Tätorter N	0.5	0.4	0.9	0.0	11.1	0.0	5.3	2.6
Ö	0.6	2.9	9.8	0.0	1.3	34.2	23.9	7.5
S	2.0	2.0	2.0	0.0	12.9	1.0	8.2	5.8
V	0.0	1.2	5.4	0.0	0.5	9.4	8.3	5.8
Glesbygd	5.9	8.9	13.2	7.6	7.2	16.5	14.4	7.3
Totalt	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\* utvecklingsorter



Genomgående i hela kommunprogramarbetet är att stor vikt läggs vid speciellt två typer av följdkostnader: kostnader för VA-försörjning och kostnader för nya grundskolor. Vid analys av utbyggnadsförutsättningarna i varje delområde redovisas tillgängliga kapaciteter och eventuella problem som kan vara förknippade med en utökning. Dessa infrastrukturkostnader är i hög grad beroende av förändringar i bebyggelsemönstret.

De "geografiska" huvudfrågorna formuleras så här i "Uppsala i framtiden":

- . Hur bygger vi bäst på den bebyggelsestruktur vi har så att den blir så robust som möjligt? En struktur som fungerar under skilda betingelser vad gäller t.ex. kommunal ekonomi, drivmedelspriser, förändringar i näringslivet m.m.
- . Vilket är det mest effektiva ortssystemet under nu rådande och förutsebara yttre villkor? Dvs. hur får vi bästa utbytet av investeringar och driftskostnader?
- . Vilka sociala kvaliteter i boende, rekreation och näringsliv bör vi slå vakt om och helst förbättra? På vilka punkter brister kvaliteten idag?

Även i förslaget till kommunprogram lyfts *balansen mellan olika mål i en region som växer fram* som det viktigaste perspektivet på Uppsala utvecklingsproblem.

Vi kan självklart inte ge uttömmande svar på ovan formulerade huvudfrågor. Med hjälp av systemanalytisk metodik tror vi oss dock kunna bidra till att belysa strategiska vägvalsproblem.

### 9.3 En modell för samordning av översiktlig fysisk planering och ekonomisk planering

Utgångspunkten för vår metodutveckling har varit tidigare studier av bebyggelse- och transportsystem, se Lundqvist (1983). Med tanke på planeringssituationen i Uppsala har vi valt att bygga vidare på matematiska modeller för bostadslokalisering som utvecklats för Göteborgs- och Stockholms-

regionerna. Därvid har särskild vikt lagts vid formuleringen av mål för kommunens bebyggelsestruktur inklusive mått på kostnader för skolor och VA-försörjning.

Modellen innehåller välfärdsindikatorer, kostnadsindikatorer och planeringsrestriktioner:

- *välfärdsaspekter* mäts i form av mått på tillgänglighet till arbete, service och Stockholm samt i form av bebyggelsens skala (storleken på befolkning i grannskap)
- *kostnadsaspekter* mäts i form av investeringskostnader för nya skolor (LM-stadium, H-stadium) samt för VA-försörjning av ny bebyggelse
- *planeringsrestriktioner* anger en lägsta och en högsta nivå på befolkningstalet i varje delområde vid planeringshorisonten. Vidare kan undre (eller övre) gränser införas för befolkningsunderlaget i kommundelar med hänsyn till serviceutbud eller krav på balans mellan kommundelar. Slutligen skall totalbefolkningen i hela kommunen uppgå till förväntad nivå vid planeringshorisonten.

Principiellt erbjuder vår metod stor flexibilitet när det gäller att formulera indikatorer och restriktioner såväl till antal som form. Bedömning av energianvändningen för uppvärmning och transporter har hittills skett i ett separat beräkningssteg efter lokaliseringsmodellen. I tabell 9.2 sammanfattas relationerna mellan modellens komponenter (välfärds- och kostnadsaspekter, planeringsrestriktioner) och de i föregående avsnitt nämnda målen för bebyggelseutvecklingen. Avtabellen framgår att samtliga grupper av mål kan relateras till en eller flera komponenter i modellen. Det skall dock understrykas att vi inte gör anspråk på att ha uppnått en fullständig täckning av alla i föregående avsnitt uppräknade aspekter. Modellen behandlar endast ett fåtal servicekategorier, energianvändning beaktas endast indirekt via resavstånd och bebyggelsetäthet och hänsyn till sociala förhållanden kan endast tas mycket översiktligt på grund av modellens aggregerade karaktär.

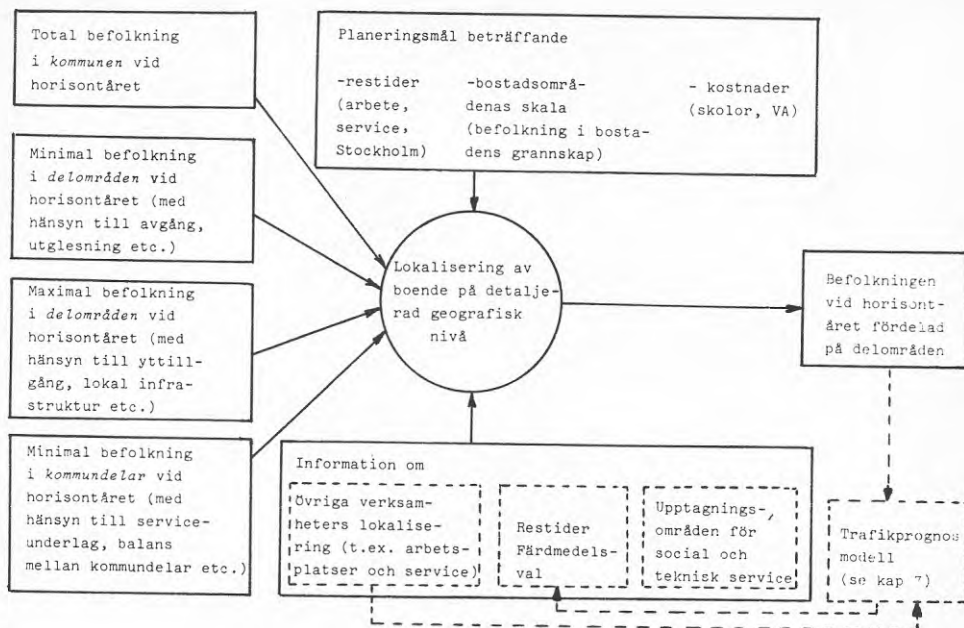
Tabell 9.2: Direkta [x] och indirekta [(x)] relationer mellan modellens komponenter och grupper av mål i Uppsalas kommunprogramarbete.

Grupper av mål	MODELLENS KOMPONENTER						
	Restid till			Befolkning i bostadens grannskap	Kostnader för		Lokala och del- regionala befolk- ningsgränser
	arbete	service	Stockholm		skolor	VA	
1. Mark och miljö				x			x
2. Serviceförsörjning		x	x		x		x
3. Teknisk försörjning						x	x
4. Energihushållning	(x)	(x)	(x)	(x)			(x)
5. Trafik	x	x	x	(x)			
6. Sysselsättning	x		x				
7. Sociala förhållanden				x	x	x	x

I figur 9.1 ges en helhetsbild av hur modellens olika komponenter samverkar. Modellen lokaliserar den befolkning som motsvarar tillkommande bostäder under planeringsperioden. De undre befolkningsgränserna i varje delområde garanterar att återstående del av basårets bostadsstock utnyttjas full ut vid planeringshorisonten (med hänsyn tagen till avgång och förväntad utglesning). Resultatet kan uttryckas antingen i termer av befolkning eller i termer av nya bostäder i varje delområde. Vi skall nu mycket kortfattat beskriva hur modellens indikatorer och restriktioner formulerats.

Tillgänglighet: Vi mäter medelrestiden från varje bostadsområde till

- a) det "arbetsplatsomland" omfattande en viss andel ( i vårt fall 50%) av kommunens totala arbetsplatsutbud, som ligger närmast respektive bostadsområde
- b) det "serviceomland" som definieras analogt med a ovan



Figur 9.1: Sammanfattning av bostadslokaliseringsmodellens mekanismer (streckade storheter och relationer hanteras utanför modellen).

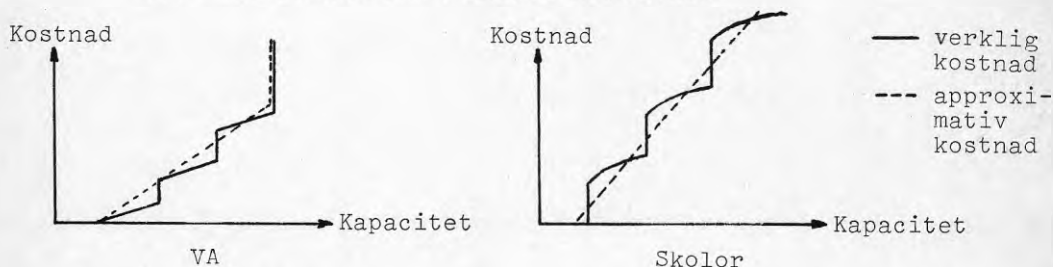
c) till Stockholm med tåg via Uppsala C eller Knivsta

Beräkningen kan utföras med bilrestider, kollektivrestider (som i vårt fall) eller en sammanvägning av dessa. Restid till arbete, service och Stockholm vägs samman (vikt 0.6, 0.3, 0.1) till ett samlat restidsmått. Genom att variera "arbetsplatsomlandens" och "serviceomlandens" storlek, färdmedelsfördelningar och vikterna på de tre restyperna kan skilda framtida beteendemönster avspeglas.

Bostadsområdenas skala: De boende i varje delområde indelas i glesbygdsbefolkning och tätortsbefolkning. För ett visst bostadsområde räknar vi ut hur mycket glesbygdsbefolkning och hur mycket tätortsbefolkning som nås inom en viss

restid (i vårt fall 15 min kollektivt). Glesbygdsbefolkningen tillordnar vi en "standardstorlek" ( i vårt fall 15 personer) medan tätortsbefolkningen räknas fullt ut. Bostadsområdets skala erhåller vi genom att räkna ut "medelstorleken av grannskapets tätorts- och glesbygdsbefolkning." Detta sätt att beräkna storskalighet medför att en omfördelning från tätort till glesbygd inom ett delområde reducerar skalan. I fullständigt urbaniserade kommundelar blir skalindikatorn helt enkelt lika med tätortsbefolkningen i bostadens omgivning (definierad av restidströskeln).

Investeringskostnader: Vi utgår från befintliga kapaciteter i skolornas upptagningsområden och i VA-systemens betjäningområden. Först när dessa kapaciteter inte täcker servicebehovet krävs investeringar i nya skolor eller utökad VA-kapacitet. När det gäller LM-skolor har vi utgått från att varje rektorsområde utanför centrala staden ( 7 st ) betraktas som ett upptagningsområde. I centrala Uppsala har rektorsområdena slagits samman till fem upptagningsområden. För högstadiet har fyra upptagningsområden bildats genom sammanslagning av upptagningsområden för LM-skolor. Gränserna överensstämmer med de "samverkansområden" som använts vid elevprognoser och skolorganisation. Kostnader för ny skolkapacitet har beräknats per elev i LM- resp. H-stadium. De flesta delområdena utanför centrala Uppsala betjänas av lokala VA-system. Endast Knivsta/Alsike och Almunge/Länna samt centrala Uppsala betjänas av system som omfattar mer än ett delområde. För varje VA-system anges befintlig kapacitet, kostnad per personekvivalent för utökning och maximal utbyggnad. Den totala investeringskostnaden för skolor och VA erhålls genom summering av kostnaden för alla upptagningsområden och betjäningområden i ett givet bebyggelsealternativ. Det framgår av redovisningen att vi approximerat kostnadssambanden:





Planeringsrestriktioner: Kommunens totalbefolkning 1992 och 2002 har uppskattats med hjälp av befolkningsprognoser som använts i kommunprogramarbetet. (Samma befolkningsprognos innehåller uppgifter om totala elevunderlaget för LM- resp. H-stadium. Vi har fördelat det totala elevunderlaget på delområden med ledning av modellens uppgifter om nytillkommande bostäder och elevunderlaget vid basåret 1982). För varje delområde beräknas en undre gräns för befolkningen vid planeringshorisonten med hjälp av antaganden om framtida utglesning. En övre befolkningsgräns för varje delområde har uppskattats med hjälp av framlagda skisser till långsiktigt bostadsbyggande: för varje delområde har maximalt bostadsbyggande enligt tillgängliga strukturskisser antagits utgöra en övre gräns (för områden där inget bostadsbyggande angivits har övre gränsen satts till 100 lägenheter). I delområden med lokal VA-försörjning kan övre befolkningsgränsen behöva modifieras med hänsyn till maximal utbyggnad av VA-systemet. Slutligen har vi sökt formulera undre gränser för befolkningen i vissa ytterområden med hänsyn till underlaget för kommersiell service. Med hittills använda formuleringar har dock dessa restriktioner inte påverkat resultatet (beroende på antaganden om en växande glesbygdsbefolkning).

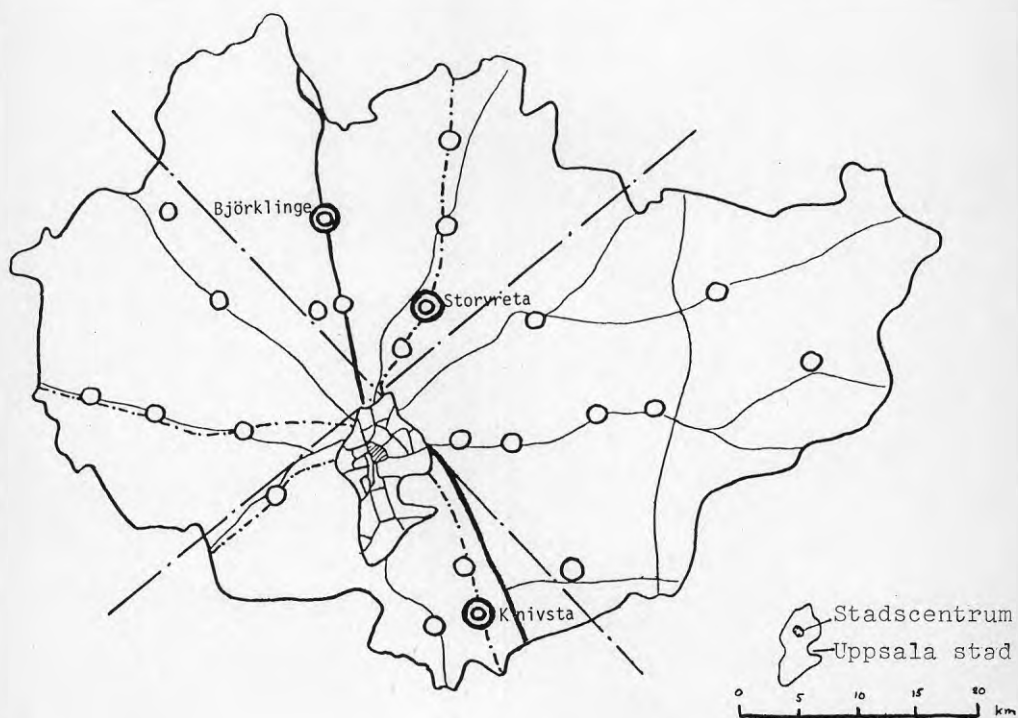
#### 9.4 Bostadslokalisering på kort och lång sikt

Utgående från basåret 1982 har vi använt modellen för att studera handlingsutrymme i termer av restid, grannskapsstorlek och investeringskostnad under dels en 10-årsperiod och dels en 20-årsperiod. Vi har även utvärderat de i tabell 9.1 redovisade utbyggnadsförslagen med hjälp av modellens indikatorer.

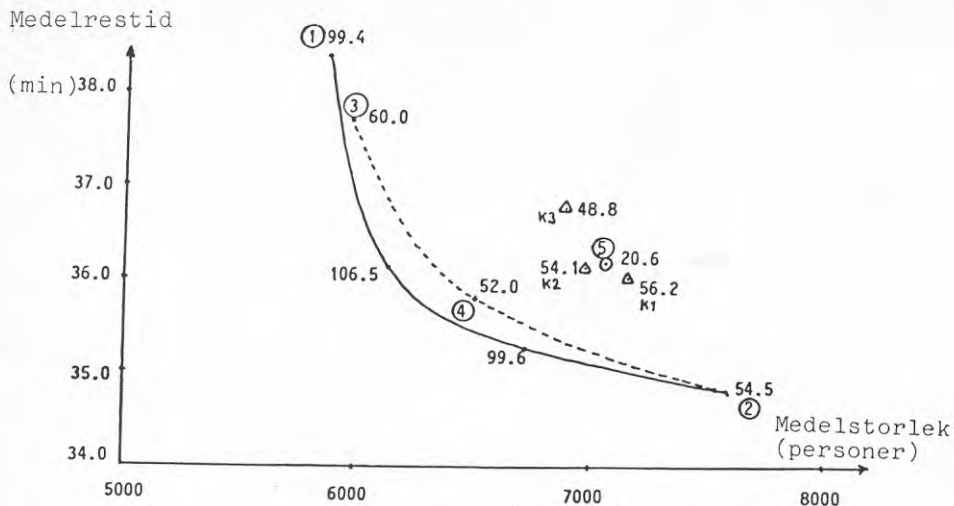
Figur 9.2 visar att Uppsala representeras av 49 delområden i våra kalkyler. 25 av dessa utgör stadsdelar medan resterande 24 utgör utvecklingsorter och övriga tätorter (befintliga eller potentiella). Figuren visar även trafiksystemet i grova drag. När vi beskriver strukturer i tabellform (se tabell 9.1) summerar vi tätorter som ligger i samma utbyggnadsriktning på ett sätt som framgår av figur 9.2.



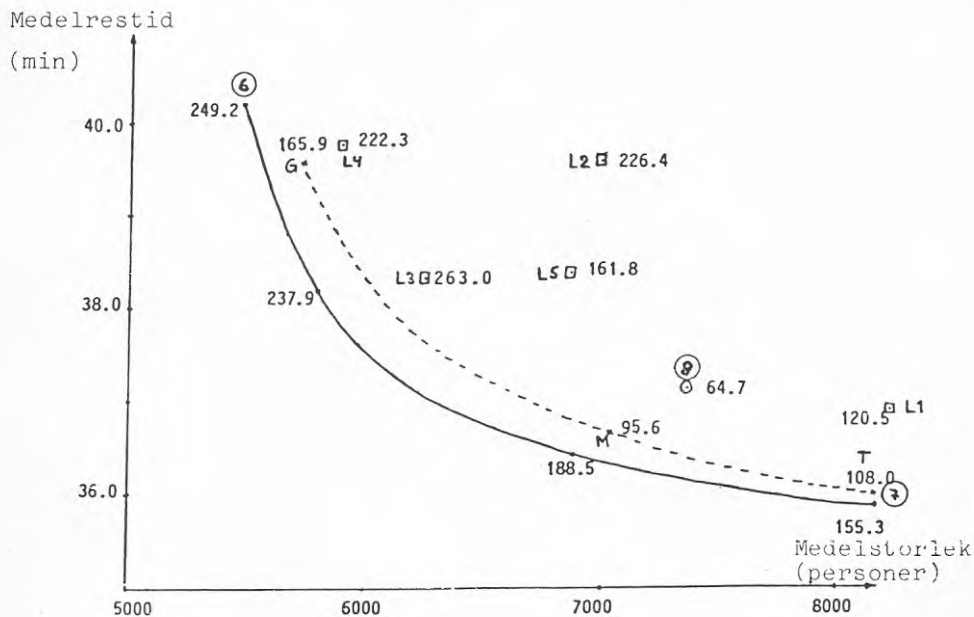
Genom att variera den vikt vi tillmäter de tre indikatorerna (medelrestid, medelstorlek, investeringskostnad) kan vi generera effektiva kommunstrukturer med olika egenskaper. Med effektiv menar vi här att det inte finns någon alternativ utbyggnad som ger lägre (dvs. bättre) värden på samtliga tre indikatorer. I figur 9.2 och 9.3 har vi illustrerat handlingsutrymmet på kort och lång sikt. Värdena på koordinataxlarna anger medelrestid och medelstorlek. Investeringskostnaden är en tänkt tredje dimension vars värde skrivits in i figuren för samtliga bebyggelsestrukturer. Den heldragna kurvan representerar effektiva kommunstrukturer i termer av medelrestid och medelstorlek om vi helt bortser från investeringskostnaden (varje punkt på kurvan motsvarar ett förslag till bostadsbyggnad). Bättre värden på både medelrestid och medelstorlek kan inte uppnås.



Figur 9.2: Uppsalas 49 delområden. Tätorter utanför staden, exklusive utvecklingsorter, sammanfattas i tabeller efter väderstreck.



Figur 9.3: Handlingsutrymme och målkonflikter 1982-1992. Jämförelse mellan modellgenererade kommunstrukturer och föreslagna bebyggelsemönster (K1-K3), jfr. tabell 9.1



Figur 9.4: Handlingsutrymme och målkonflikter 1982-2002. Jämförelse mellan modellgenererade kommunstrukturer och föreslagna bebyggelsemönster (L1-L5), jfr. tabell 9.1.

Den streckade kurvan har erhållits genom att viss hänsyn tagits till investeringskostnaden. Jämfört med den heldragna kurvans kostnadsvärden på c:a 100 milj kr (figur 9.3), innebär den streckade kurvan en kostnadsnivå på 50-60 milj. kr. Denna kostnadsbesparing har uppnåtts till priset av sämre värden på medelrestid och medelstorlek (dvs. lägre värden på välfärdsindikatorer). Genom ytterligare försämringar ur välfärdssynpunkt kan kostnaden sänkas till 20 milj som helt hänför sig till individuella VA-lösningar i glesbygd. Det är således möjligt att helt undvika investeringar i skolor och kommunala VA-system genom lämplig inriktning av bostadsbyggandet 1982-1992. Detta sker dock till priset av längre resor och/eller tätare bebyggelse än som hade varit motiverat med hänsyn till enbart välfärdsaspekter.

I stort sett kan kommentarerna ovan även gälla handlingsutrymme och målkonflikter på lång sikt. Möjligheterna att undvika investeringskostnader är dock obefintliga. Basårets infrastruktur räcker inte till för den förväntade befolkningstillväxten. Om låga investeringskostnader är ett överordnat mål kan dock kostnaderna (utöver individuella VA-system i glesbygd, 43 milj kr) begränsas till totalt 22 milj kr för kommunala VA-investeringar. Skillnaden i investeringskostnad mellan en kostnadsminimerande utbyggnadsfilosofi (1 milj kr/år) och en mångkärnig utbyggnadsfilosofi (10 milj kr/år) är betydande. Restidsminimerande (täta) bebyggelsestrukturer är generellt sett billigare än storleksminimerande (minst en faktor två).

Figur 9.3-9.4 innehåller också utvärderingar av kommunstrukturer som föreslagits i kommunprogramarbetet, jämför tabell 9.1. Vi noterar att de föreslagna kortsiktsalternativen är ungefär likvärdiga ur välfärdssynpunkt med den kostnadsminimerande modellösningen. Däremot är skillnaderna betydande ur kostnadssynpunkt. För samma investeringskostnad kan betydligt attraktivare (restid, storlek) kommunstrukturer uppnås. De föreslagna långsiktsalternativen är väl utspridda över hela mängden potentiellt möjliga strukturer. Även dessa förslag kännetecknas generellt av höga kostnader i förhållande till värdena på välfärdsindikatorerna. Det

bör observeras att alternativ L5 (kompromiss) dominerar alternativ L2 (Pärband N-S), dvs. uppvisar bättre värden på såväl kostnads- som välfärdsindikatorer.

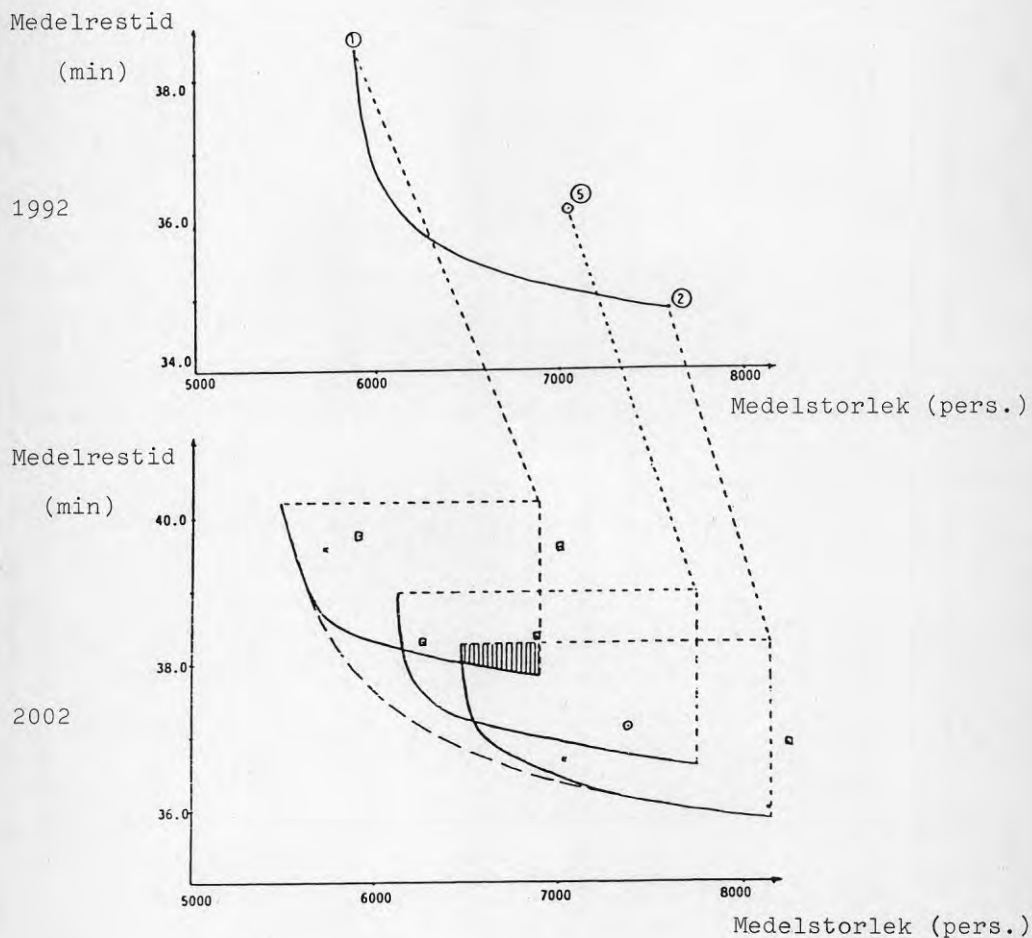
I tabell 9.3 visas hur fördelningen av bostadsbyggandet på kommundelar skiljer sig mellan de tre extrema modellalternativen på kort och lång sikt: restidsminimerande, storleksminimerande respektive kostnadsminimerande strukturer. Dessutom visas två "kompromissalternativ" på kort sikt. Indikatorvärden anges för varje alternativ. Indikatorvärdena för de tre extremalternativen (①, ②, ⑤ resp. ⑥, ⑦, ⑧) visar styrkan i målkonflikterna. Vi finner att spännvidden mellan högsta och lägsta indikatorvärde växer med tiden: inflytandet från basårets struktur minskar. På kort sikt kan hela bebyggelsestillskottet (exklusive det exogent givna byggandet i glesbygd) lokaliseras till stadskärnan (enl. ②). På 20 års sikt är detta inte möjligt på grund av markrestriktioner (enl. ⑦). Delar av expansionen i det restidsminimerande fallet äger rum i Knivsta och tätorterna öster om staden.

Tabell 9.3: Utbyggnad av bostäder enligt fem kortsiktiga och tre långsiktiga modellkalkyler (jfr. figur 9.3-9.4). Andelar av totalt bostadsbyggande.

	Korta sikten					Långa sikten		
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Uppsala stad	21.1	91.9	34.8	62.6	64.2	21.4	70.2	61.6
Björklinge	0.0	0.0	3.6	0.0	4.6	3.3	0.0	3.7
Storvreta	0.0	0.0	0.2	2.8	3.4	0.6	0.0	3.3
Knivsta	0.0	0.0	0.0	8.4	3.7	0.0	7.8	4.3
Tätorter N	9.4	0.0	8.9	2.2	2.6	9.7	0.5	1.7
Ø	34.2	0.0	23.7	10.7	8.7	31.2	12.3	13.1
S	13.1	0.0	11.4	2.3	3.1	11.8	0.0	1.6
V	11.6	0.0	6.8	1.0	0.4	10.1	0.0	0.9
Glesbygd	10.6	8.1	10.6	10.0	9.3	11.9	9.2	9.7
Medelrestid (min)	38.40	34.84	37.74	35.82	36.21	40.21	35.87	37.13
Medelstorlek (pers)	5870	7578	5974	6505	7050	5481	8142	7364
Inv.kostn. (milj kr)	99.4	54.5	60.0	52.0	20.6	240.2	155.3	64.7

De kortsiktiga lösningarna ③ och ④ utgör exempel på kompromissalternativ med skilda egenskaper. Den kostnadsminimerande strukturen ⑤ kan ses som ett ganska koncentrerat kompromissalternativ.

Slutligen skall vi knyta ihop tidsperspektiven och studera hur kortsiktiga vägval påverkar den långsiktiga handlingsfriheten. I figur 9.5 visas vilka kombinationer av medelrestid och medelstorlek som kan uppnås år 2002 under



Figur 9.5: Inverkan av kortsiktiga utbyggnadsalternativ (①, ②, ⑤) på det långsiktiga handlingsutrymmet. Det skuggade området (år 2002) kan nås från samtliga tre extremlösningar 1992.

förutsättning att endera av de extrema utbyggnadsprinciperna (restidsmin, storleksmin, kostnadsmin) fullföljs 1982-1992. Vi ser att extremt tätt (②) respektive glest (①) byggande på kort sikt låser fast bebyggelsestrukturen och försämrar möjligheterna att uppnå goda resultat genom en senare omläggning av bebyggelseinriktningen. I denna mening begränsar ett extremt byggande på kort sikt den långsiktiga handlingsfriheten. Om den kortsiktiga utbyggnaden följer det kostnadsminimerande alternativet (⑤) kan både relativt goda strukturer ur restidssynpunkt och relativt goda strukturer ur storlekssynpunkt fortfarande uppnås på lång sikt. Endast om vi nöjer oss med den långsiktiga handlingsfrihet som representeras av det skuggade området i figur 9.5 spelar valet av utbyggnad på kort sikt ingen roll. Vi kan konstatera att det långsiktiga kompromissförslaget (L5) ligger mycket nära det skuggade området (vi har medvetet begränsat diskussionen till två dimensioner för att förenkla illustrationerna).

Våra resultat har visat vilka utbyggnadsmönster som är effektiva med olika prioriteringar av delmål. Genom att studera hela skaran av långsiktigt effektiva lösningar kan vi finna vissa robusta utbyggnadsalternativ på kort sikt. Dessa räcker dock inte för att tillgodose bostadsbyggnadsbehovet under en 10-årsperiod. Valet av utbyggnadsmönster 1982-1992 får därför konsekvenser för handlingsfriheten under perioden 1982-2002. Vi har illustrerat det ömsesidiga beroendet mellan handlingsfrihet på kort och lång sikt.

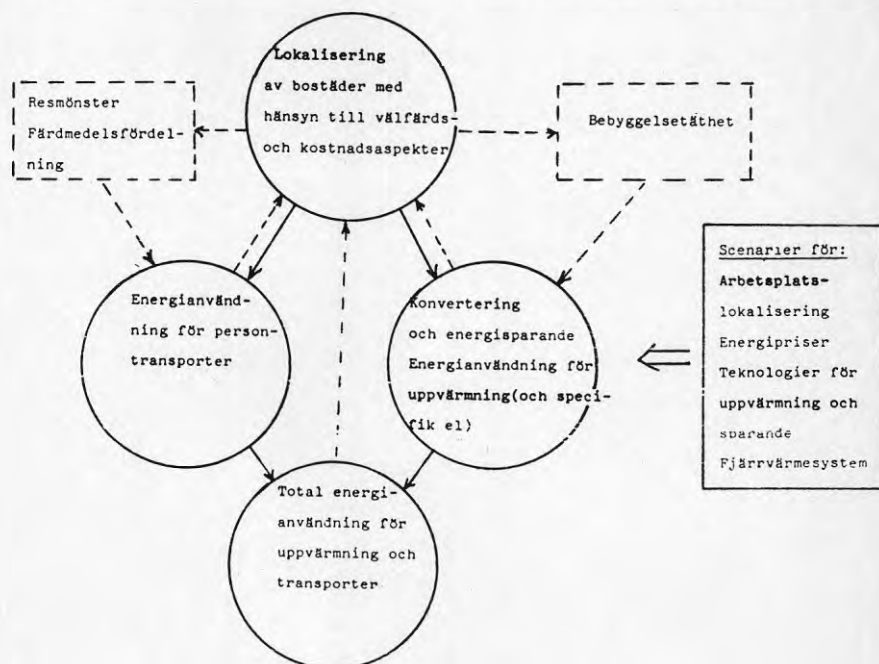
### 9.5 Energianvändning för uppvärmning och transporter

Hittills har vi koncentrerat oss på välfärds- och kostnadsaspekter på framtida bostadsbyggande. Resten av detta kapitel skall ägnas åt metodik för bedömning av energiaspekter. Vi har utvecklat en metod för utvärdering av energianvändning för uppvärmning och transporter i ett givet byggnadsbestånd. Metoden har hittills använts som en efterkalkyl till lokaliseringsmodellen. Både vad gäller kopplingen till bebyggelsemönstret och vad gäller möjligheterna att återföra resultat till lokaliseringsmodellen finns



utrymme för framtida förbättringar. Ett exempel på sådana förbättringar vore att prognosera det framtida resmönstret antingen i ett separat beräkningssteg eller som en integrerad del av lokaliseringsmodellen (jämför kap 5). Hittills har vi använt grova samband mellan restid till stadscentrum och total energiåtgång för persontransporter som estimerats i studier av Lund och Kalmar, se Hansson, Lippoy (1983). Figur 9.6 antyder att hänsyn till bebyggelsetätthets inverkan på anläggningskostnader och distributionsförluster är ett annat sätt att förbättra kopplingen mellan lokaliseringsanalys och energianalys.

Tyngdpunkten i vår energiutvärdering ligger på analys av konvertering och energisparande i detaljerade bebyggelsesegment. Varje sådant bebyggelsesegment kännetecknas av lokalisering, byggnadstyp, byggnadens ålder, uppvärmnings-sätt vid basåret samt uppvärmningssystemets ålder vid basåret. Metoden tillåter en valfri aggregering av Uppsalas



Figur 9.6: Principer för befintlig energiutvärdering och möjliga förbättringar (streckade samband)

49 delområden. Med hänsyn till fjärrvärmesystem samt områdenas storlek och läge har vi valt att arbeta med sju kommundelar: områden anslutna till centrala fjärrvärmenätet, övriga stadskärnan, utvecklingsorter (3 st) samt inre och yttre tätorter i övrigt. Vi urskiljer tre byggnadstyper (lokaler, småhus, flerbostadshus) uppdelade efter ålder. Basårets bostäder delas upp i fyra ålderskategorier. Därtill kommer nybyggda bostäder enligt lokaliseringsmodellen jämnt fördelade över 10-årsperioder (småhusandelar antas bestämda utanför modellen). Vad beträffar lokaler skiljer vi endast mellan befintliga (vid basåret) och nybyggda. Fem befintliga uppvärmningsformer beaktas: fjärrvärme, direktverkande el, individuell olja, fastbränsleeldning och vattenburen el. Av dessa antas fjärrvärme och direktverkande el behållas medan övriga uppvärmningsformer kan konverteras till mellan 5-15 uppvärmningsteknologier (antalet beror på befintlig teknologi). Fjärrvärme är ett tillåtet konverteringsalternativ i fjärrvärmeområden. Av basårets uppvärmningssystem antar vi att minst hälften måste konverteras 1982-1992 och samtliga fram till år 2002. Lönsamheten avgör om mer än hälften konverteras under första 10-årsperioden.

Uppvärmningsteknologierna beskrivs i form av anläggningskostnad, driftskostnad, bränsletyp, verkningsgrad, täckningsgrad och andel av årsbehovet under lågprissäsong. Vissa teknologier (värmepumpar och solvärme) innebär installation av baslast- och topplastsystem med en sammanlagd täckningsgrad av 100%. Övriga (enkla) teknologier har en täckningsgrad på 100%.

För varje bebyggelseyp och ålder finns möjlighet att vidta energihushållande åtgärder. Dessa minskar energianvändningen till priset av en viss investeringskostnad. De enklaste åtgärderna ger god spareffekt till låg kostnad medan allt mera avancerade åtgärder ger allt sämre utbyte på marginalen.

Vår energikalkyl väljer för varje bebyggelsesegment den bästa tillåtna kombinationen av konvertering och

energihushållning. Konvertering och energibesparande åtgärder antas ske 1987 eller 1997. Vi behandlar totalt 840 bebyggelsesegment. För vart och ett av dessa utvärderas kombinationer av 10-28 sparstrategier och 5-30 konverteringsstrategier. Alternativet med lägsta sammanlagda kostnad för energiinköp, konverteringskostnad och energisparingskostnad väljs. Genom att summera över bebyggelsesegment kan energisystemets utveckling och användningen av olika energislag i skilda kommundelar beskrivas. Bilden kompletteras med uppskattningar av energi för persontransporter och specifik elanvändning. För varje kommun del beräknas total energisystemkostnad och genomsnittligt energibesparande i olika bebyggelse typer.

Vi skall nu redovisa några mycket preliminära kalkylresultat baserade på tre långsiktiga kommunstrukturer genererade av lokaliseringsmodellen (G, M och T i figur 9.4). Resultaten skall tills vidare ses som rena metodillustrationer. Dataunderlaget är alltför preliminärt för att bestämda slutsatser skall kunna dras. Tabell 9.4 visar energianvändningen i sammandrag för basåret 1982 och för de tre lokaliseringsmönstren år 2002. En jämförelse med Uppsala kommuns energiplan antyder att våra modellresultat underskattar den faktiska energianvändningen. Energiplanen redovisar en total slutlig energianvändning på 3845 GWh 1982. En stor del av skillnaden i förhållande till vår totalsiffra 2407 GWh beror på att vi endast uppskattat energianvändningen för inomkommunala persontransporter och ej heller inkluderat energi för industriella processer. Dock kvarstår att vi underskattat ytor eller energiåtgångstal även för hushåll och service.

Våra resultat utvisar ett snabbt energibesparande. Trots att befolkningen ökar med 18% minskar energianvändningen för uppvärmning med lika mycket mellan 1982-2002 (2002 M). Oljans andel minskar från 22% till 1% samtidigt som fjärrvärmens andel minskar från 66% till 63%. Den levererade fjärrvärmens minskar under 1982-1992 med 23% genom energihushållande åtgärder (trots att en del av nybebyggelsen i stadskärnan försörjs med fjärrvärme).

Tabell 9.4: Energianvändning för uppvärmning och transporter i tre kommunstrukturer (GWh per år)

	1982			2002 G			2002 M			2002 T		
	Staden	Utv. orter	Tät-orter	Staden	Utv. orter	Tät-orter	Staden	Utv. orter	Tät-orter	Staden	Utv. orter	Tät-orter
Olja 1	258	46	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olja 3	-	-	-	11	1	1	13	1	1	14	1	1
El	87	31	51	95	55	143	102	60	99	106	58	85
Flis	14	2	5	49	6	11	76	8	8	95	8	6
Fjärrvärme	1005	30	-	780	24	-	786	24	-	786	24	-
Kol	-	-	-	93	5	7	93	5	7	93	5	7
Uppvärmning	1364	109	101	1028	91	162	1070	98	115	1094	96	99
Transporter	290	67	63	283	85	185	309	94	111	325	94	84
Spec. el	369	23	21	417	32	62	444	36	42	460	32	35
<b>Totalt</b>	<b>2023</b>	<b>199</b>	<b>185</b>	<b>1728</b>	<b>208</b>	<b>409</b>	<b>1823</b>	<b>228</b>	<b>268</b>	<b>1879</b>	<b>222</b>	<b>218</b>

Genom nybebyggelse och konverteringar försörjs småhusen år 2002 till stor del av vattenburen el (37%) och nyansluten fjärrvärme (20%). Flerbostadshusen och arbetsplatserna försörjs till sammanlagt 26% resp. 15% av blockcentraler med värmepumpar + olja eller flis. Lokalbeståndet värms dessutom till 20% av koleldade blockcentraler. Det genomsnittliga energisparandet i befintlig bebyggelse varierar mellan bebyggelsestyper och delområden. I den fjärrvärmeförsörjda delen av stadskärnan är sparprocenten år 2002 33% i flerbostadshus, 24% i lokalbeståndet och 16% i småhus. Motsvarande siffror för resten av staden (Sunnersta) är 24% i flerbostadshus, 24% i lokalbeståndet och 26% i småhus. Skillnaderna torde bero på bebyggelsens ålder, ytstandard och värmeförsörjningssystem. De inomkommunala persontransporterna svarar för en växande andel av energianvändningen i framtiden. I tätorter utanför staden används nästan lika mycket energi för transporter som för uppvärmning år 2002. I än högre grad gäller detta för nybebyggelse i yttre tätorter. Slutligen kan vi notera att den totala kostnaden för energiinköp, driftskostnader och investeringar i form av konverteringar och energihushållningsåtgärder för hela

20-årsperioden har beräknats till 3.7 miljarder kr (nuvärde med 4% realränta). Här ingår dock ej förnyelse av basårets fjärrvärmesystem och system för direkt elvärme. Skillnaden mellan det glesa och det täta bebyggelsealternativet uppgår till knappt 2% eller ca 70 miljoner kr.

Beräkningarna ovan bygger på en rad mycket preliminära data om energiteknologier, energihushållningsåtgärder och energipriser. För att testa känsligheten hos uppvärmningsmodellen har vi sänkt fjärrvärmepriset (vintersäsong) med 25% och tidigare lagt en 40%-ig elprishöjning från 1997 till 1990. Kalkylen har utförts för det medeltäta bebyggelsealternativet. I tabell 9.5 jämförs resultaten av de två prisscenerierna i termer av energianvändning för uppvärmning år 2002.

Tabell 9.5: Energianvändning för uppvärmning (GWh) i medeltät bebyggelsestruktur år 2002. Inverkan av sänkta fjärrvärmepriser och tidigare lagd prishöjning på el.

	Ursprungliga priser			Ändrade priser		
	Staden	Utv. orter	Tät-orter	Staden	Utv. orter	Tät-orter
Olja 1	-	-	-	-	-	-
Olja 3	13	1	1	0	0	1
El	102	60	99	62	39	79
Flis	76	8	8	21	48	45
Fjärrvärme	786	24	-	982	25	-
Kol	23	5	7	20	5	7
Uppvärmning	1070	98	115	1155	117	132

Vi finner att prisändringen leder till minskat energisparande och ökad fjärrvärmeanvändning. I icke fjärrvärmeförsörjda tätorter leder tidigare lagd elprishöjning till en långsammare ökningstakt för elanvändningen. I stället expanderar



flisanvändningen. Energisparandet i basårets bebyggelse minskar med 4-8% (småhus och flerbostadshus) i stadskärnan och i Knivsta. I övriga tätorter tidigare läggs energisparandet framför allt i småhus. Den totala fjärrvärmeanvändningen ligger i stort sett på samma nivå år 2002 som år 1982 (efter en 10%-ig minskning 1982-1992). Prisändringen leder till att totala energisystemkostnaden minskar med 12%.

Vi finner att ovan beskrivna effekter verkar intuitivt rimliga. Ytterligare känslighetsanalyser behövs innan modellen kan anses fullt uttestad.

#### 9.6 Avslutande kommentarer

Vi har redovisat en metodansats för samordnad översiktlig planering som utvecklats i nära anslutning till kommunprogramarbetet i Uppsala. Av flera skäl har våra resultat preliminär karaktär. Vissa justeringar av kollektivtrafikrestider till nya stadsdelar och ett fåtal VA-kapaciteter behöver göras. Behandlingen av högstadiet överskattar sannolikt verkliga investeringar. Samhällsekoniskt tunga verksamheter som kollektivtrafik och social omsorg bör integreras i modellen liksom driftskostnader för skolor och VA. Energi-modulen är i än högre grad preliminär. Här behöver hela dataunderlaget penetreras med hjälp av energiverkets expertis. En transportprognosmodell skulle förbättra underlaget för både lokaliseringsanalysen och energianalysen.

Trots reservationerna ovan vill vi hävda att intressanta slutsatser har kunnat dras redan av de preliminära resultaten. Det gäller utvärderingen av föreslagna alternativ på kort och lång sikt. Det gäller handlingsutrymme i olika tidsperspektiv och inverkan av kortsiktigt byggande på den långsiktiga handlingsfriheten. Slutligen har vi även visat att energianalysen kan ge intressanta helhetsbilder av konvertering och energihushållning på valfri detaljeringsnivå. Effekterna av prisförändringar verkar intuitivt rimliga. Med ytterligare forskningsinsatser kan sambanden mellan översiktlig fysisk planering, kommunal ekonomi och kommunal energiplanering ges noggrannare belysning.



### 9.7 Litteratur

- Hansson, A, Lippoy, R, 1983, Planering av framtida trafiksystem - förutsättningar och konsekvenser, Institutionen för Trafikteknik, Tekniska Högskolan i Lund.
- Lundqvist, L, 1983, Metoder för analys och planering av byggelse- och transportsystem, Rapport R 6:1983, Byggforskningsrådet.
- Uppsala i framtiden - ett studiematerial inför upprättandet av kommunprogram för 80-talet, 1982, Planeringskontoret, Uppsala kommun.



## 10. NÅGRA UPPSLAG TILL FORTSATT FORSKNING

Lars Lundqvist

10.1 Förbättrad behandling av delaspekter och delsystem

De viktigaste idéerna till fortsatt utveckling av analyserna i denna rapport har diskuterats i respektive kapitel. Detta gäller särskilt förbättringar som avser enskilda delaspekter. I nästa avsnitt återkommer vi till möjligheter att bättre integrera behandlingen av delsystemen.

Kapitlet om osäkerhet (kap 2) är principiellt hållet och behandlar vetenskapliga områden som beslutsteori och ekonomisk jämviktsteori. Kunskapsanvändning vid strategiskt beslutsfattande utpekas som ett område värt fortsatt studium. Empirisk forskning om effektiviteten hos oreglerade marknader och effektiviteten av offentliga ingripanden är ett annat sådant område som lyfts fram i samband med diskussionen om "goda jämvikter" och marknadsimperfectioner i praktiska situationer med starka inslag av osäkerhet. Ett tredje område utgörs av forskning om riktade styrmedel i form av kontrakt som kan bidra till att uppnå riskspridning via decentraliserat beslutsfattande.

I kapitlet om framtidbilder (kap 3) behandlas osäkerhet genom att konsekvenserna för Stockholmsregionen av fyra olika omgivningsscenarier analyseras. Denna typ av studier kan vidareutvecklas för att producera mera detaljerad information om en viss region eller en viss bransch (analysen bör på ett flexibelt sätt kunna fokuseras på en viss region eller sektor). Så skulle t.ex. en sektoriellt disaggregerad beskrivning av Stockholmsregionen kunna kopplas till en grövre sektorindelning i övriga regioner. En viss sektor skulle på motsvarande sätt kunna "zoomas in". T.ex. skulle energisektorn eller transportsektorn kunna ges en mera

detaljerad behandling i separata modellsteg som kopplas till den övergripande modellen på nationell/regional nivå. Därigenom kan exempelvis ändrade leveransmönster och deras regionalekonomiska konsekvenser studeras.

Bebyggelsesystemet behandlas mest renodlat i kapitel 6. Där används schablonuppskattningar för att beräkna energi-användning för uppvärmning och arbetsresor. Underlaget för dessa kalkyler kan förbättras genom utnyttjande av modeller för val av uppvärmningsteknologi och energisparande (kap 8-9) respektive modeller för arbetsresande (kap 7). En förutsättning för att gå vidare mot forskning om "energi-optimering" av markanvändning är att energipolitiskt relevanta mål kan relateras till modellens information om bebyggelsens täthet, läge och sammansättning. En annan vidareutveckling av modellen består i att samtidigt lokalisera bostäder, arbetsplatser och service mot bakgrund av information från omgivningsscenarier.

Arbetet på modellutveckling för transportsystemet (kap 7) är pågående och det är ännu för tidigt att diskutera fortsatta ansatser. Till att börja med utvecklas modeller för arbetsresandet och ett naturligt nästa steg torde bestå i att söka inkludera hänsyn till serviceresor och fritidsresor.

Även vår metod att analysera det rena energisystemet (kap 8) är relativt utvecklad och ett antal förslag till fortsatt forskning om såväl det lokala problemet som det regionala problemet och kopplingen dem emellan har framlagts. Förbättringarna skulle innebära möjligheter att behandla mera generella problemställningar i både lokala modellsteget (teknologival, energisparande, kapacitetsbegränsningar) och regionala modellsteget (anläggningsskapacitet, ledningskostnader). Olika principer för prisättning av ledningsbunden energi behöver simuleras som ett led i analysen av övergripande effektivitet i energisystemet.

## 10.2 Förbättrad behandling av systemsamband och modellhantering

I flera av rapportens kapitel har vi visat hur analyserna av de olika delsystemen kan knytas samman till en mera heltäckande ansats. Detta har skett genom att:

- överföra information mellan delmodeller (ex. kap 3,6) som passar ihop med varandra
- bygga in delmodeller från ett system i analysen av ett annat (ex. kap 8,9)
- utnyttja resultat från en mera detaljerad analys för att skatta makrosamband som kan användas i andra delmodeller (ex. kap 5,6).

Kapitel 5 är exempel på ett försök att integrera behandlingen av bebyggelse- och transportsystemen under antagande om energiprisutvecklingen. Modellen kan vidareutvecklas i ett antal avseenden. Så kan t.ex. även andra typer av resor än arbetsresor (t.ex. serviceresor) beaktas. Det är även värt att undersöka om transportsystemet kan representeras ännu noggrannare i form av noder och länkar (som i kap 7). Vidare vore en vidareutveckling mot samtidig lokalisering av bostäder, arbetsplatser m.fl. verksamheter av intresse liksom ett explicit hänsynstagande till både energiåtgång för transporter och uppvärmning.

I kapitel 9 togs de första stegen i riktning mot en integrerad behandling av bebyggelseplanering och värmeförsörjning. Tills vidare har vi visat hur val av uppvärmningsteknologi och energisparnivå kan analyseras i framtida bebyggelsestrukturer, dvs. vi utvärderar bebyggelsens inverkan på energianvändning och energisystemets sammansättning. Denna typ av analys bör ytterligare utvecklas i riktning mot ökad hänsyn till lokala faktorer (ex. tillgång till och restriktioner för enskilda energislag; distributionskostnader för fjärrvärme; spillvärme). Vidare bör syftet på längre sikt vara att på basis av en mera detaljerad energianalys kunna bygga in energihänsyn direkt i modeller för översiktlig fysisk planering.

Vår forskningsstrategi går ut på att fortsätta ovan antydda vägar att förbättra både analysen av delsystem och samband mellan delsystemen. I kapitel 4 antyddes några ambitionsnivåer för forskning om energi och bebyggelse:

- utvärdering av energianvändning i givna fysiska strukturer
- skattning av makrosamband mellan bebyggelsestruktur (läge, täthet, sammansättning) och energianvändning
- undersökning av den fysiska planeringens roll i energipolitiken (i extremfallet "energioptimering" av bebyggelsemönster)

Vi har visat att vår forskningsstrategi erbjuder goda möjligheter att gå vidare mot en integrerad analys av samhällsplanering och energi enligt bl.a. dessa riktlinjer.

För att systemanalytiska metoder skall komma till praktisk användning inom översiktlig kommunal och regional planering krävs att metoder och datorsystem utformas på ett "användarvänligt" sätt. Det gäller kontroll och uppdatering av databaser, administration och genomförande av modellkalkyler samt möjligheter att erhålla resultat på en lämplig form. Stora utvecklingsinsatser behöver göras för att utforma flexibla och interaktiva datorsystem. Den snabba datorutvecklingen i form av allt kraftfullare och billigare persondatorer och effektivare datakommunikation utgör en viktig förutsättning för ökad spridning av avancerade systemanalytiska metoder till kommuner med begränsade utredningsresurser. En annan lika viktig förutsättning är att metoderna är inbäddade i lättbegripliga ("användarvänliga") datorrutiner. Vårt arbete i detta avseende har endast börjat men kommer att intensifieras under de närmaste åren.



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810930-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för matematik, KTH, Stockholm.

R137: 1985

ISBN 91-540-4498-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705137

Abonnemangsgrupp:  
X. Samhällsplanering

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 50 kr exkl moms