

# Geografisk analyse af pendlingens struktur og energiforbrug

Af Civilingeniør Anders Bavnhøj Hansen og Cand. scient. Per Reippuert Kristensen  
Energistyrelsen, Miljø- og Energiministeriet

## Baggrund og formål

I Energisektoren har man gennem mange år arbejdet med at indsamle, analysere og formidle geografiske oplysninger om energiforbrug. Hovedvægten har traditionelt ligget på klassiske energitjenester som varmekonsum og elforbrug, hvor der har været stort behov for data til planlægning af et effektivt forsyningsnet. I de senere år er der blevet større interesse for geografiske opgørelser af energiforbrug til persontransport, herunder pendling.

Eksempler på energiforhold vedr. pendling der ofte ønskes belyst er:

- Hvordan ser de store ”pendlingslinier” ud for et amt, kommune osv. og hvor stort er energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udledningen, der knytter sig til denne pendling
- Hvor meget udgør dette energiforbrug ift. andre store energitjenester som el og opvarmning i en typisk husholdning
- Hvor stor energibesparelse og tilhørende CO<sub>2</sub>-reduktion kan typisk opnås ved at ændre på hvordan pendlingen gennemføres – og hvor store er disse reduktioner set ift. initiativer på andre energiforbrugsområder (el/varme)

Denne artikel beskriver en model for beregning og visualisering af pendling og energiforbrug der knytter sig til pendlingen. Systemet er under udarbejdelse i Energistyrelsen og vil i 2001 blive implementeret i Energistyrelsens geografiske informationssystem ”Energidata”, der indeholder geografiske informationer om energi-produktion, forsyning og forbrug. Energidata-systemet vil i 2001 blive tilgængeligt på Energistyrelsens hjemmeside som supplement til Energistyrelsens Energistatistik.

## Metode ved opstilling af pendlingsmatricer

Princippet ved opstillingen af pendlingsmatricerne er skitseret i figur 1. De enkelte elementer i principskitsen er beskrevet nedenstående:

### Område-opdeling af Danmark i geografiske områder (Energidistrikter)

I informationssystemet er Danmark opdelt i ca. 5500 geografiske områder. Det er her valgt at anvende de eksisterende Energidistrikter som Kommunerne ifm. planlægning af varme- og gasforsyning har opdelt kommunerne i. Energidistrikterne er relativt fintmaskede i de tættere bebyggede områder, hvorimod det åbne land er mere groft indelt. Dvs. at for de områder hvor hovedparten af befolkningen bor er nettet relativt fintmasket.

### Bygningskoordinater

For at beregne pendlingsafstanden med en rimelig nøjagtighed er det valgt at stedfæste samtlige bygningsadresser. Der er ikke tidligere gennemført en adressekodning for hele DK og der er derfor foretaget en geokodning baseret på det digitale kortværk fra KMS TOP10DK, Matrikelkortet og Dansk Adresse- og vejdatabase (DAV).

### Beregning af pendlingsmatrice

På baggrund af bygningernes stedfæstede koordinater og CPR-registeret har Danmarks Statistik for Energistyrelsen opstillet en anonymiseret pendlingsmatrice for pendling mellem bopæl/arbejde og bopæl/uddannelse. Pendlingsmatricen er opgjort på de 5500 Energidistrikter, dvs. en matrice med 5500x5500 elementer. Af disse ca. 30 mio mulige kombinationer forekommer kun pendling i 600.000 matrice-elementer. Af matricen fremgår antal pendlere og en beregnet tilbagelagt afstand. Afstandsberegningen er baseret på en simpel retliniet afstandsberegning med et fast tillæg på 15%.

### Scenarier for valg af transportform

Ud fra Danmarks Statistiks transport-statistik hvor valg af transportmiddel ved persontransport er opgjort for forskellige intervaller af turlængder, er der lavet vurderinger af hvordan transportopgaven typisk løses (basis-scenarie). Dvs. i hvilket omfang pendlingen udføres med bil, tog/bus, gang/cykling mm.

I den gennemførte beregning er det antaget at valg af transportform alene afhænger af turlængde og er uafhængig af det geografiske område. Modellen kan i princippet forbedres ved at opdele i typer af områder og intervaller af turlængder.

For at vurdere CO<sub>2</sub>-reduktionen ved at udføre pendlingsopgaven ved forskellige alternative løsningsmodeller er der opstillet 5 alternative tabeller for valg af transportmiddel som funktion af turlængde. Der er anvendt flg. alternativer til basis-scenariet:

#### 1) **Samkørsel**

I dette alternativ er det antaget at samkørsel øges så meget at belægningsgraden for personbiler bliver 2.0

#### 2) **Cykling/gang ved alle korte ture**

I dette alternativ er det antaget at alle pendlings-ture på 6km og derunder gennemføres som cykling eller gang.

#### 3) **Øget andel af kollektiv transport**

Det antages her at kollektiv transport øges og personbiltransport reduceres tilsvarende, således at 50% af den motordrevne transport gennemføres med tog/bus.

#### 4) **A-biler**

Det antages at alt personbiltransport gennemføres i A-mærkede biler. Det antages ud fra oplysninger om A-biler på markedet, at energiforbruget for A-mærkede biler er 60% af gennemsnitsforbruget i den nuværende bilpark.

#### 5) **Samlet scenarie**

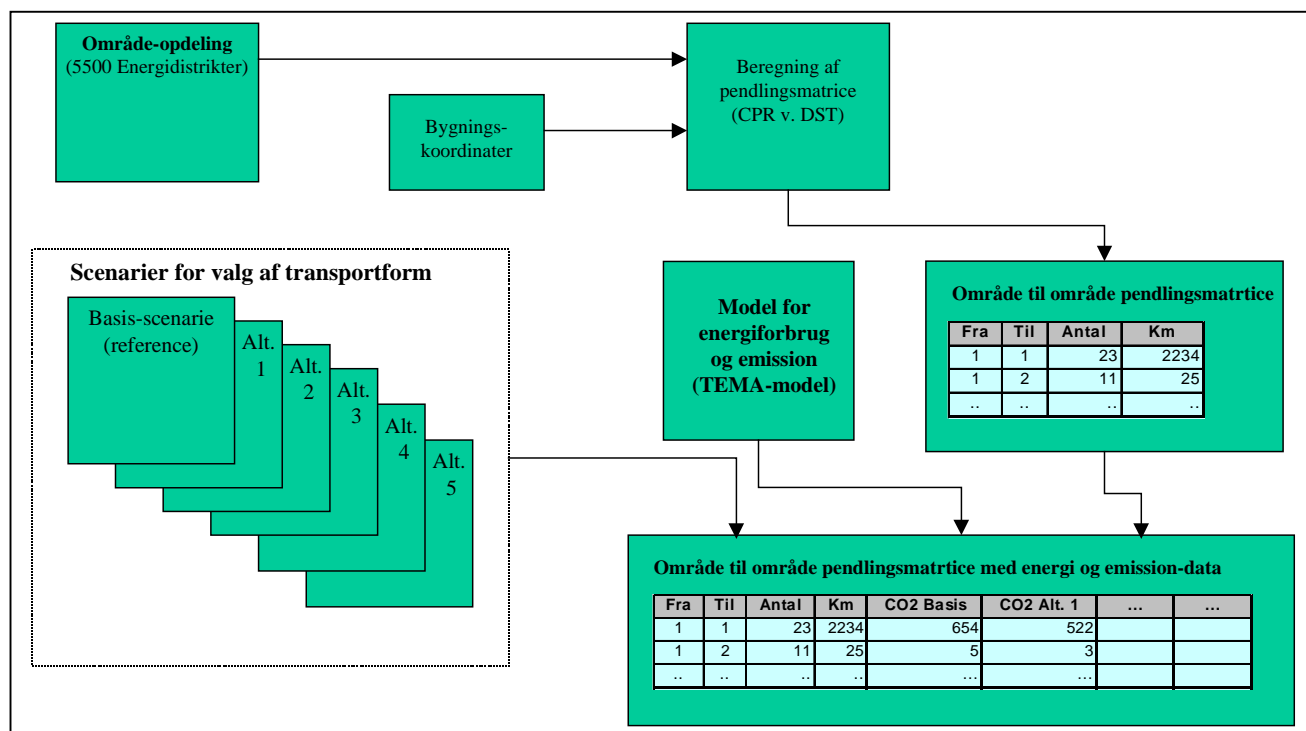
Ved det samlede scenarier kombineres 1), 2), 3) og 4). Dvs. belægningsgraden for personbiler øges til 2.0, afstande på 6km og derunder tilbagelægges med cykel/gang, den kollektive transport dækker 50% af den motor-drevne transport og personbil-kørslen gennemføres i A-mærkede biler.

### Model for energiforbrug

Energiforbrug og tilhørende emissioner ved de forskellige transportformer er baseret på værdier fra TEMA-modellen. Idet turlængden kendes med rimelig nøjagtighed er der i modellen taget højde for at energiforbrug pr. pkm er højere ved korte ture end langdistance ture.

## Data til sammeligning af pendling med andre energitjenester

For at kunne lave sammenligninger af CO<sub>2</sub>-emission ved pendling med andre energitjenester i boligsektoren er det valgt at tage data fra opvarmning og elforbrug med i datagrundlaget. Dette bla. for at give et billede af hvor stor andel af CO<sub>2</sub>-emission de forskellige energi-intensive tjenester giver anledning til.



Figur 1: Skitse af princippet ved opstilling af pendlingsmatricerne.

## Resultat af beregningen

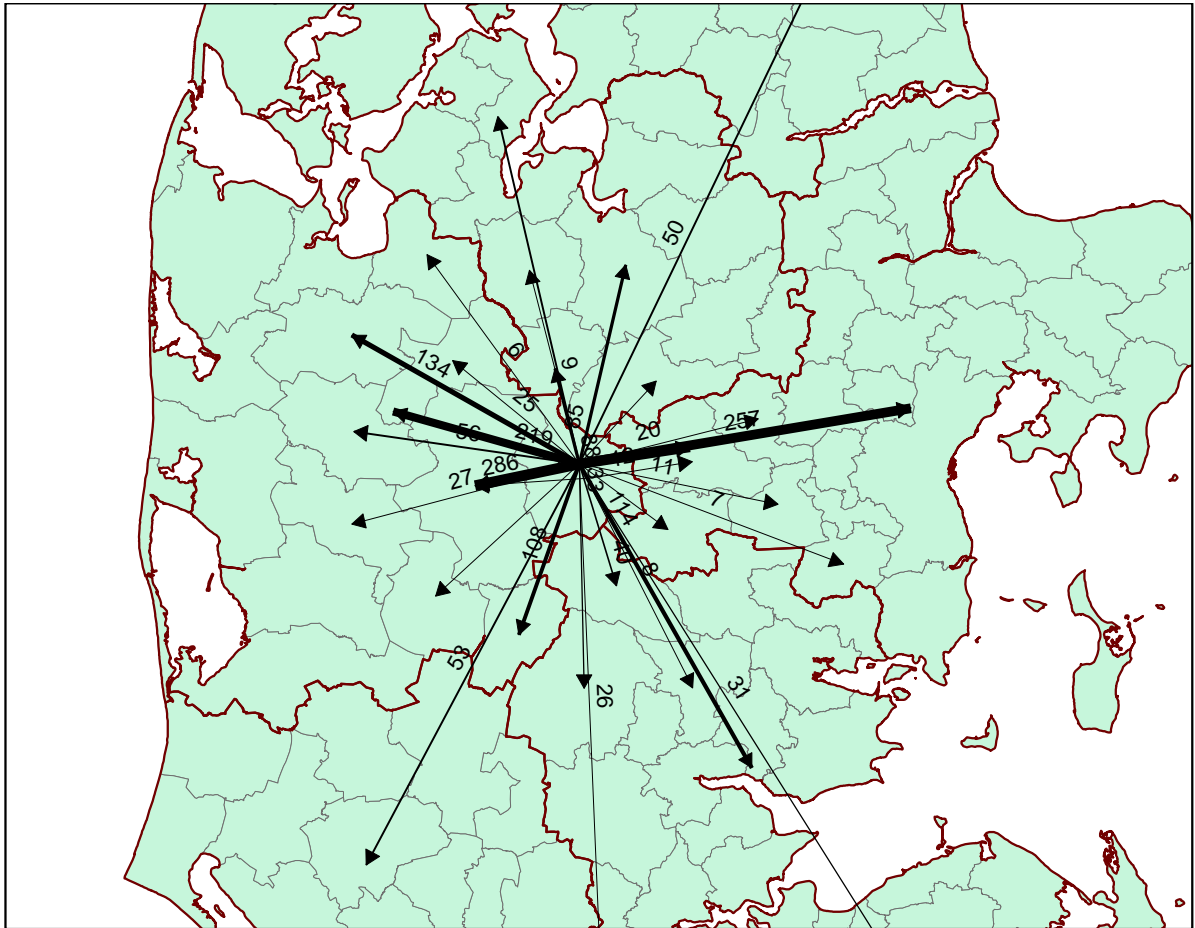
Ud fra den opstillede pendlingsmatrice er det muligt at analysere og visualisere en række forhold omkring pendling. Eksempler på brug af data er vist i det følgende.

### Pendlings-linier

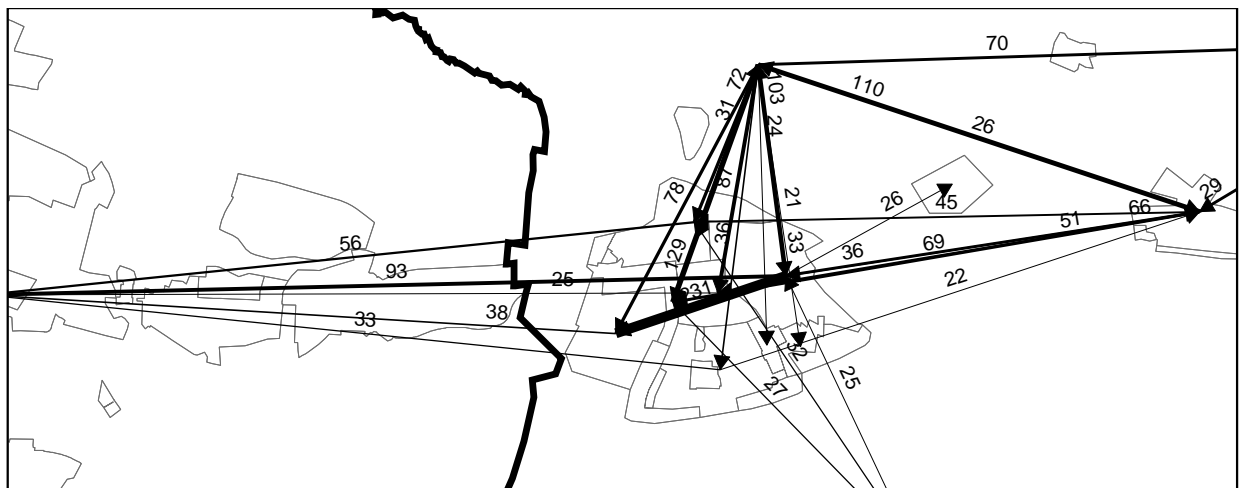
Ud fra pendlingsmatricen er det muligt at illustrere pendlingen mellem de enkelte kommuner og pendlingen mellem de enkelte energidistrikter. Af figur 2 og figur 3 fremgår pendlingen for Ikast kommune som eksempel.

Figur 2 viser pendlingsture på over 20 km til de omgivende kommuner. For at gøre oversigten mere overskuelig er pendlingsafstande på over 50 km vist til Amtets centrum. Af figur 3 fremgår pendlingslinier for distancer mellem 3-10 km. De detaljerede pendlingslinier kræver et plot i væsentligt større format end det her fremviste, men figuren illustrerer den tilgængelige information.

Da pendlingsmatricerne er opstillet i et relativt fintmasket net er det forholdsvis enkelt at designe målrettede kort. Eksempelvis et kort der illustrerer pendlingsture under 7 km for et givet område ifm. etablering af cykelstier osv. i en Kommune, eller et kort der viser grundlaget for etablering af kollektiv trafik, samkørsel o.a på en given strækning.



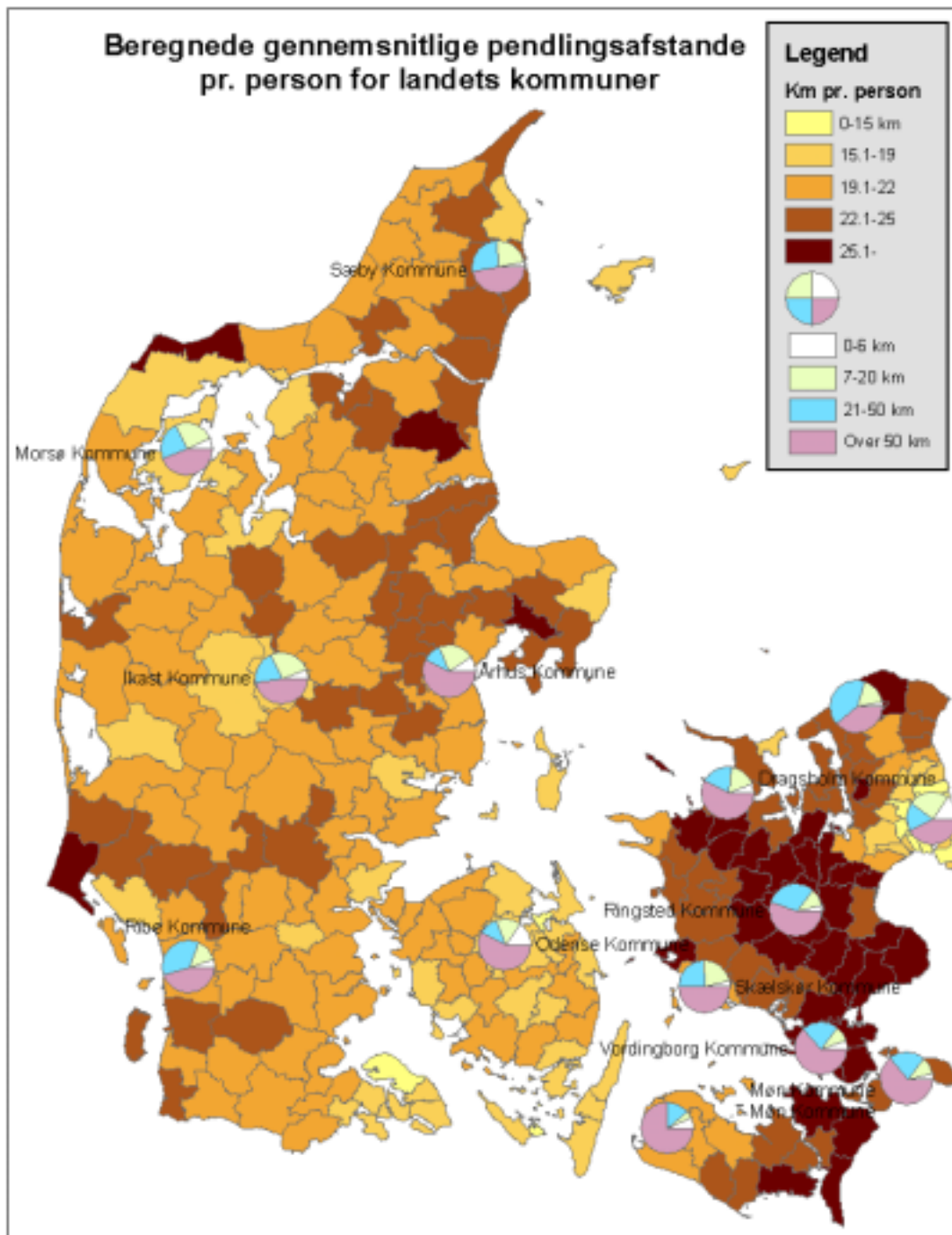
Figur 2: Pendling fra Ikast Kommune til omgivende kommuner/Amter. Pendlingsliniers tykkelse er proportionale med antal pendlere. For hver enkelt linie er angivet antal pendlere. Kun pendlingsruter med mere end 5 daglige ture er taget med. Pendling til Sjælland er ikke taget med.



Figur 3: Korte pendlingsture (3-10 km) for bosidende befolkning i Ikast. De lyse linier angiver byområderne (Energidistrikter) og den kraftige skillelinie angiver kommunegrænse (Herning-Ikast). For de enkelte pendlingslinier fremgår antal ture pr. dag. Pendlingsliniernes tykkelse er proportionale med antal ture pr. dag.

## Pendlings-afstande

Ud fra de stedfæstede bygningskoordinater er der foretaget en simpel beregning af pendlingsafstande. Af figur 4 fremgår resultatet af beregningen opgjort på kommuner.



*Figur 4: Pendlingsafstande pr. person opgjort pr. Kommune. Af figuren fremgår som cirkeldiagram fordelingen på turlængde for enkelte eksempler af kommuner.*

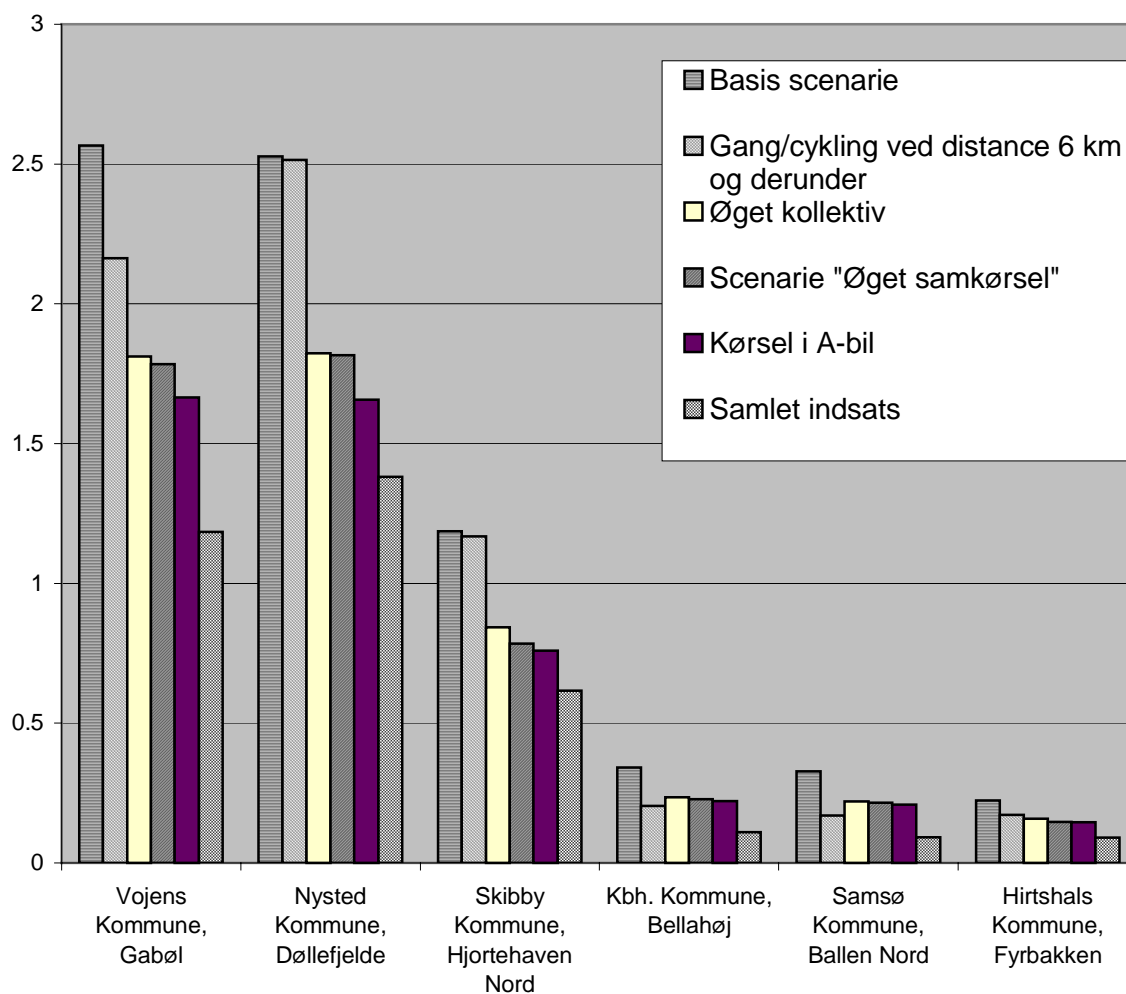
Fordelingen af pendlingarbejdet på turlængde kan opgøres på det fintmaskede område-niveau eller aggregeret niveau (kommune/Amt/landsniveau). I figur 4 er som eksempel vist opgørelse på kommune-niveau for udvalgte kommuner.

### Scenarier for CO<sub>2</sub>-reduktion ved alternativ løsning af pendlingsopgaver

CO<sub>2</sub>-beregningen ved pendling er baseret på antagelser om at transporten er gennemført som angivet i basis-scenariet. Udfra de opstillede alternative scenarier kan der beregnes potentiale for CO<sub>2</sub>-reduktion ved at gennemføre pendlingsopgaven på forskellig vis. Eksempel på resultatet for 6 forskellige Energidistrikter fremgår af figur 5.

#### CO<sub>2</sub> fra pendling ved forskellige scenarier for valg af transportmiddel

[Ton CO<sub>2</sub> pr.pers]



Figur 5: CO<sub>2</sub>-emission fra pendling i distrikter, beregnet ud fra Basis-scenarie og 5 alternative scenarier.

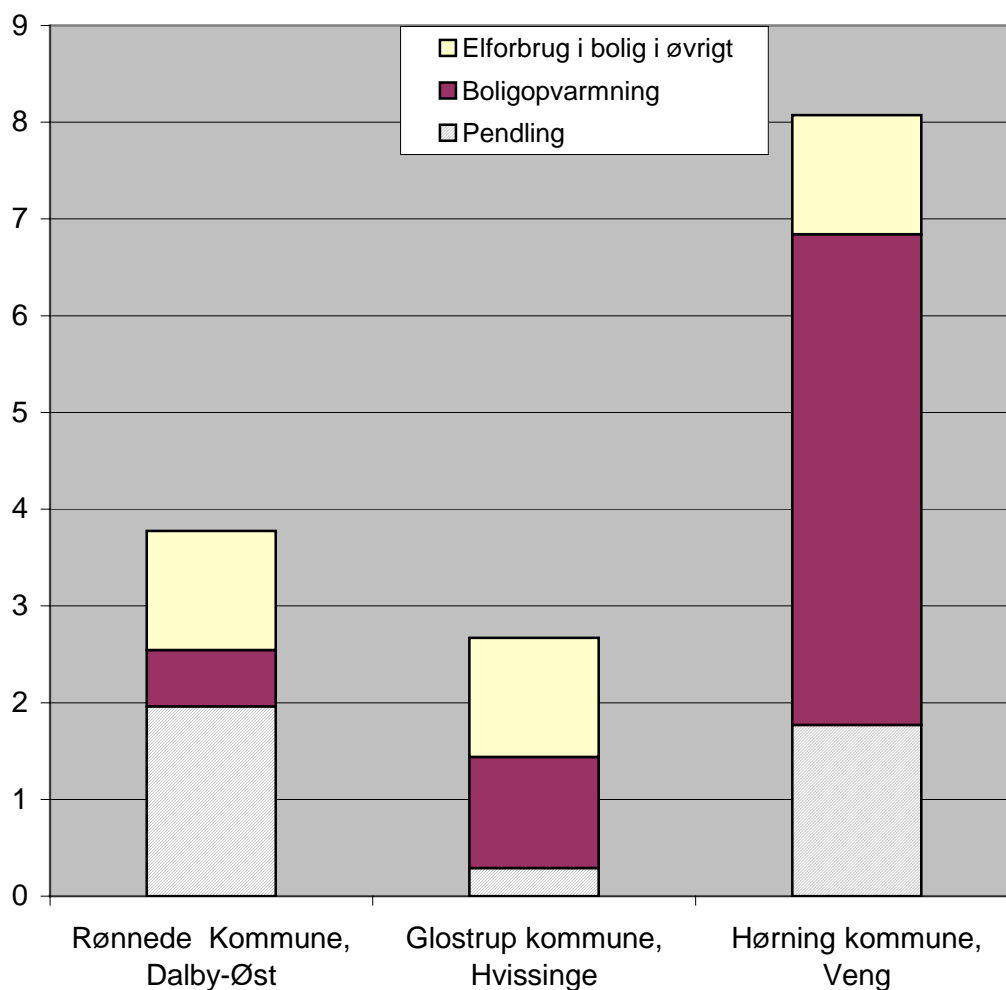
Scenarier for reduktion ved forskellige tiltag kan beregnes på distriktsniveau, Kommune/Amts-niveau eller landsniveau. Udfra datagrundlaget kan der således laves en vurdering af hvilken effekt et beskrevet scenarie har for et område (distrikt, Kommune eller Amt). I eksemplet ses at etablering af forbedrede forhold for cykler har et potentiale for pendlere i Gabøl området, hvorimod det ikke har noget potentiale i Døllefjelde eksemplet.

### Sammেলigning af CO2 fra pendling med andre store energitjenester i boligsektoren

Ved at sammenstille pendlingen med andre ”tunge” energitjenester i boligsektoren, er det muligt at få et samlet billede af en række energiforbrug og potentialer for energieffektivisering i et givet område (f.eks. Energidistrikt, Kommune eller Amt). Af figur 5 fremgår eksempler på beregnet CO<sub>2</sub>-emission for 3 Energidistrikter med forskellig karakteristisk.

#### **Beregnet CO<sub>2</sub> emission fra Pendling, boligopvarmning og elforbrug**

[Ton CO<sub>2</sub> pr. pers]



*Figur 6: Eksempel på CO<sub>2</sub> emission ved pendling, boligopvarmning og elforbrug i boliger. CO<sub>2</sub> fra elforbrug er baseret på et antaget enhedsforbrug pr. person.*

Eksemplet i figur 6 viser 3 distrikter med meget forskellig karakteristisk for energiforbrug. Udfra en analyse af mulige effektiviseringstiltag på de forskellige anvendelses-områder, kan der laves en samlet vurdering af potentiale for effektivisering af energianvendelsen i de forskellige distrikter.

## **Sammenfatning**

### Det videre brug af datagrundlaget

De viste eksempler illustrerer information til brug for den regionale planlægning. Illustration af pendlinglinier henvender sig både til byplanlægning, planlæggere af kollektiv trafik mm., ordninger for samkørsel osv. Da oplysningerne kan aggregeres på landsniveau giver datagrundlaget også en god mulighed for vurdering af scenarier for hele landet. Det er målsætningen at gøre informationen tilgængelig for brugere, herunder kommuner som et supplerende værktøj til den regionale planlægning.