

SEMINAR OM
NYSKAPING
OG NÆRINGS-
UTVIKLING

22. september

“Globalisering og logistikkmodeller”



Seminaret er et samarbeid mellom:

Gottlieb Moes Studiefond



Seminar om Nyskaping og
Næringsutvikling - HiMolde

Kjetil Haugen

22. September 2009



Målsetning med delprosjektet

- Viderutvikle logistikkmodeller hensyn tatt til “**globalisering**”.
 - Mobilitet i arbeidsmarked
 - Mobilitet i produksjonlokalisering



Globalisering

- Arbeidskraftsmobilitet – Velkjent
- Multilokalisering av produksjon (nyere poeng)



Sentrale drivere

- **Kommunikasjonskostander** (Tekn. ut.)
- **Barrierekostnader** (Politisk)
- **Transportkostnader** (Konk. utvikl.)



Beslutningsvariable

- Hva, Hvor mye, Når
→
- Hva, Hvor mye, Når, **Hvor**, **Av hvem**



Modellutgangspunkt

- **Aggregert produksjonsplanleggingsmodell**
 - (Kanskje) **mindre relevant** for prosjektorientert produksjon i marin/maritim sektor
 - **Velkjent** (gjennomforsket) – publiserbarhet
 - **Arbeidsmarkedskobling**
 - **Teknisk enkel** (LP-modell)
 - » Utvideleser
 - » Bruk av allerede eksisterende spesialiserte algoritmer – sub-problemer



Klassisk Aggregert produksjonplanleggingsmodell (M¹)

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^T [c_H H_t + c_F F_t + c_I I_t + c_R P_t + c_O O_t + c_U U_t + c_S S_t]$$

s.t.

$$W_t = W_{t-1} + H_t - F_t \quad \forall t$$

$$P_t = K n_t W_t + O_t - U_t \quad \forall t$$

$$I_t = I_{t-1} + P_t + S_t - d_t \quad \forall t$$

$$H_t, F_t, I_t, O_t, U_t, S_t, W_t, P_t \geq 0 \quad \forall t$$



Multiple arbeidsmarkeder

- Et første steg:
 - Et sett av arbeidsmarkeder

$$m \in \{1, \dots, M\}$$

- Her angir altså m en indeks som beskriver et vilkårlig arbeidsmarked av M mulige.



Modellmessige direkte konsekvenser:

- Dersom vi forutsetter lokalisert (distribuert) produksjon (av ett produkt) til de ulike nye arbeidsmarkedene, innebærer dette introduksjon av den nye m -dimensjonen for alle konstanter og variable unntatt c_S, S_t, d_t, l_t og c_I .
- Merk også en generell notasjonsendring: Alle "subscriber" bør defineres som indekser derfor flyttes beskrivende termer i $c_H, c_F, c_I, c_R, c_O, c_U$, opp som "superscripts" – original notasjon er dårlig.....



Dette medfører:

c_m^X : Kostnad tilknyttet aktivitet x i arbeidsmarked m , $x \in \{H, F, R, O, U\}$

X_{tm} : Beslutningsvariabel tilknyttet aktivitet X i arbeidsmarked m , $X \in \{H, F, P, O, U, W\}$

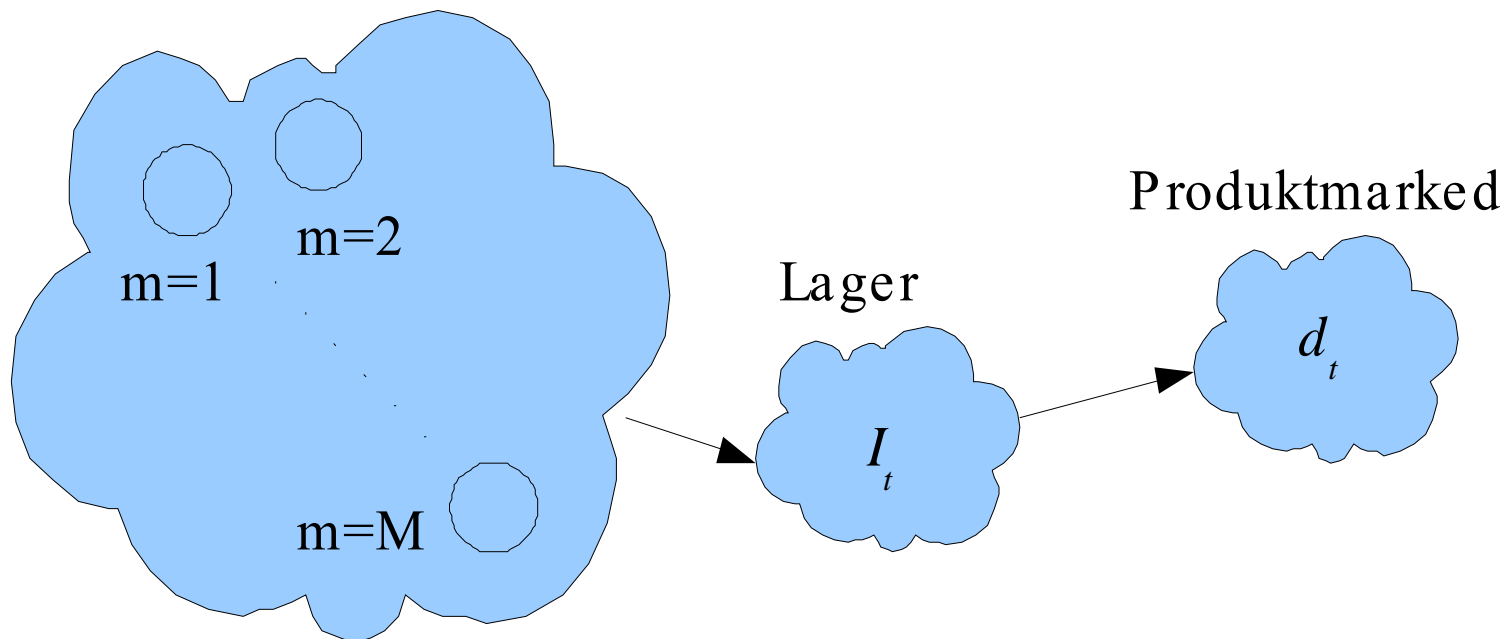
K_m : Produktivitet (antall produserte enheter per tidsenhet) i arbeidsmarked m

n_{tm} : Antall arbeidsdager i tidsperiode t i arbeidsmarked m



Logiske konsekvenser:

Pruduksjonsenheter
(med arbeidsmarkeder)





Hva gjør ”modellen”

- Ett produkt selges i ett marked med prognostisert etterspørsel (d_t).
- Produktet som produseres i flere mulige lokasjoner (hver med sitt eget arbeidsmarked) lagres (instantant) i et ”felles” (logisk) lager (I_t).
- Men merk: intelligent bruk av lokasjonsbetinget produksjonskostnad (c_m^R) kan ”simulere” ulik transportkostnad fra m til lager. (Transporttid – ruting er imidlertid ikke modellert).
- Fornuftig å operere med homogent produkt og dermed lik verdi og dermed ens lagerkostnad c^l .



Matematisk modell:(M²)

$$\text{Min } Z = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T [c_m^H H_{tm} + c_m^F F_{tm} + c_m^R P_{tm} + c_m^O O_{tm} + c_m^U U_{tm}] + \sum_{t=1}^T [c^I I_t + c^S S_t] \quad (7)$$

s.t.

$$W_{tm} = W_{t-1,m} + H_{tm} - F_{tm} \quad \forall t, m \quad (8)$$

$$P_{tm} = K_m n_{tm} W_{tm} + O_{tm} - U_{tm} \quad \forall t, m \quad (9)$$

$$I_t = I_{t-1} + \sum_{m=1}^M P_{tm} + S_t - d_t \quad \forall t \quad (10)$$

$$H_{tm}, F_{tm}, I_t, O_{tm}, U_{tm}, S_t, W_{tm}, P_{tm} \geq 0 \quad \forall t, m \quad (11)$$



Egenskaper (**styrker**) ved (M^2)

- Fortsatt LP-modell (enkelt numerisk løsbar).
- Begrenset dimensjonsøkning $o(T)$ til $o(M \cdot T)$.
- M er i praksis begrenset (Norge) ca. 27+3 (EU + EØS) land.



Egenskaper (svakheter) ved (M²)

- Arbeidskraften er stasjonær i sine arbeidsmarkeder.
- Produktbevegelser skjer instantant (feks. Fra produksjon til lager til marked) – ingen «routing».
- Arbeidsmarkedet er i «Frikonkurransen» – ingen kostnadseffekter ved signifikante mannskapsuttak i små markeder.

Allikevel – kraftfull modell:

- Kombinasjonen av parametrene K_m , n_{tm} , c_m^R , c_m^H og c_m^F gir interessante simuleringsmuligheter:
 - Bruk av uproduktiv, men billig arbeidskraft (K_m og c_m^R lave) som alternativ til produktiv og dyr (K_m og c_m^R høye)
 - «Land» der c_m^H er høye mens c_m^F er lave
 - «Land» med mye ferie/streik (lave n_{mt})
 - Fjerne stillingsvern i et dyrt marked og lage stillingsvern i et billig marked
 - etc.





«Naiv» utvidelse av arbeidsmarkedsfunksjonalitet:

- Manglende respons på uttak av arbeidskraft i «grisgrendte» strøk er muligens litt for enkelt.
 - Kan (litt naivt) anta en sammenheng mellom pris på arbeidskraft via produksjonskostnaden og forbruk av arbeidskraft i perioden.
 - Kan også (enda mer naivt kanskje) anta mulig sammenheng mellom ansettelseskostnader og ansettelser (jo fler jo billigere - stordrift).



Matematisk (feks.):

$$c_m^R = f(H_{tm} - F_{tm})$$

$$c_m^H = g(H_{tm})$$

$$f', g' > 0$$

Introduksjon av f og g endrer M^2 til (M^3) et ikke-lineært programmeringsproblem. Dersom f og g er lineære vil M^3 bli **QP** – noe som er relativt håndterbart i standard programvare. Mer «eksotiske» former på f og g vil feks. kunne håndteres via heltallsvariable som igjen skaper linearitet men MIP (blandet heltall)



Matematisk modell:(M³)

$$\text{Min } Z = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \left[g(H_{tm})H_{tm} + c_m^F F_{tm} + f(H_{tm} - F_{tm})P_{tm} + c_m^O O_{tm} + c_m^U U_{tm} \right] + \sum_{t=1}^T \left[c^I I_t + c^S S_t \right] \quad (12)$$

s.t.

$$W_{tm} = W_{t-1,m} + H_{tm} - F_{tm} \quad \forall t, m \quad (13)$$

$$P_{tm} = K_m n_{tm} W_{tm} + O_{tm} - U_{tm} \quad \forall t, m \quad (14)$$

$$I_t = I_{t-1} + \sum_{m=1}^M P_{tm} + S_t - d_t \quad \forall t \quad (15)$$

$$H_{tm}, F_{tm}, I_t, O_{tm}, U_{tm}, S_t, W_{tm}, P_{tm} \geq 0 \quad \forall t, m \quad (16)$$



Mulige modellutvidelser

- Ruting
- Ulike produktmarkeder
- Konflikt/samarbeid (spill-teori)
- Oppstartskostnader i nye markeder (produksjon/salg)



Noen enkle modellsimuleringer

- Modell M^2 er implementert i AMPL/CPLEX og testet ut på datamaskin
- Fokus på problemstilling:
 - ”utflagging” til markeder med lavere produksjonskostnader (men også lavere produktivitet).



Case:

F Vedlegg - Test-Datafil for M^2 – 2 ulike markeder – trade-off

denne fila definerer et "hjemmemarked" med høye produksjonskostnader og høy produktivitet og et "utemarked" med lave produksjonskostnader og lav produktivitet.

```
# Test-Data fil for M2 -- 2 ulike markeder (kh juli 2009)
# M1 = "NORGE", M2 = "UTLANDET"
#
# Karkarakteristika: M1 har hoeyere produksjonskostnad CR1 = 20 mot M2 CR2=10
# Mens M1 har ogsaa hoeyere produktivitet K1 = 0.14653110 = 3 * K2
#

param T := 6;
param M := 2;
param cH := 1 500 2 500;
param cF := 1 1000 2 1000;
param cI := 80;
param cR := 1 20 2 10;
param cD := 1 999999999 2 999999999;
param cU := 1 999999999 2 999999999;
param cS := 999999999;
param n := 1 1 20 1 2 24 1 3 18 1 4 26 1 5 22 1 6 15 2 1 20 2 2 24 2 3 18 2 4 26
param K := 1 0.14653110 2 0.0488437;
param IO := 500;
param IT := 600;
param W0 := 1 150 2 150;
param d := 1 1280 2 640 3 900 4 1200 5 2000 6 1400;
```



Løsning:

	H^*		F^*		P^*	
T	$M1$	$M2$	$M1$	$M2$	$M1$	$M2$
1	66.1551	0	0	0	633.469	146.531
2	0	0	0	0	760.163	175.837
3	0	0	0	0	570.122	131.878
4	23.0983	0	0	0	911.510	190.490
5	448.529	0	0	0	2217.19	161.184
6	0	0	0	0	1511.72	109.898
Σ	537.7824	0	0	0	6604.174	915.818

$$K_1 = 3K_2$$

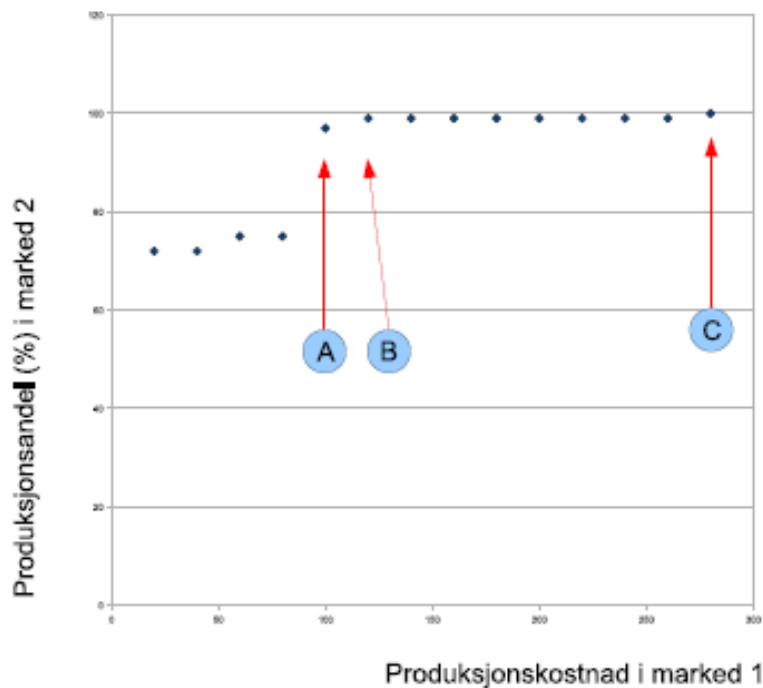
	H^*		F^*		P^*	
T	$M1$	$M2$	$M1$	$M2$	$M1$	$M2$
1	0	0	33.8449	0	340.407	439.593
2	0	0	0	0	408.488	527.512
3	0	0	0	0	306.366	395.634
4	0	23.0983	0	0	442.529	659.471
5	0	448.529	0	0	374.447	2003.93
6	0	0	0	0	255.305	1366.32
Σ	0	471.6273	33.8449	0	2127.542	5392.46

$$K_1 = K_2$$



Full "utflagging"

Produksjonsandel i marked 2 som funksjon av produksjonskostnad i marked 1



A: 97% produksjon i marked 2, 60% avskjediges i T_1 , resten i T_2

B: 99% produksjon i marked 2, 90% avskjediges i T_1 , resten i T_2

C: 100% produksjon i marked 2



Konklusjoner:

- Ikke nødvendigvis full utflagging – ofte delte løsninger
- Kompleks beslutning – ikke enkelt å gjette på graden av utflagging uten kjennskap til modell.
- Styrke – beslutningstøtte i konkrete case – bør prøve modellkonseptet på faktiske bedriftsdata – **STOR JOBB**