

# Integreret vurdering af bæredygtig vandindvinding ved fire vandbalanceindikatorer og DK model

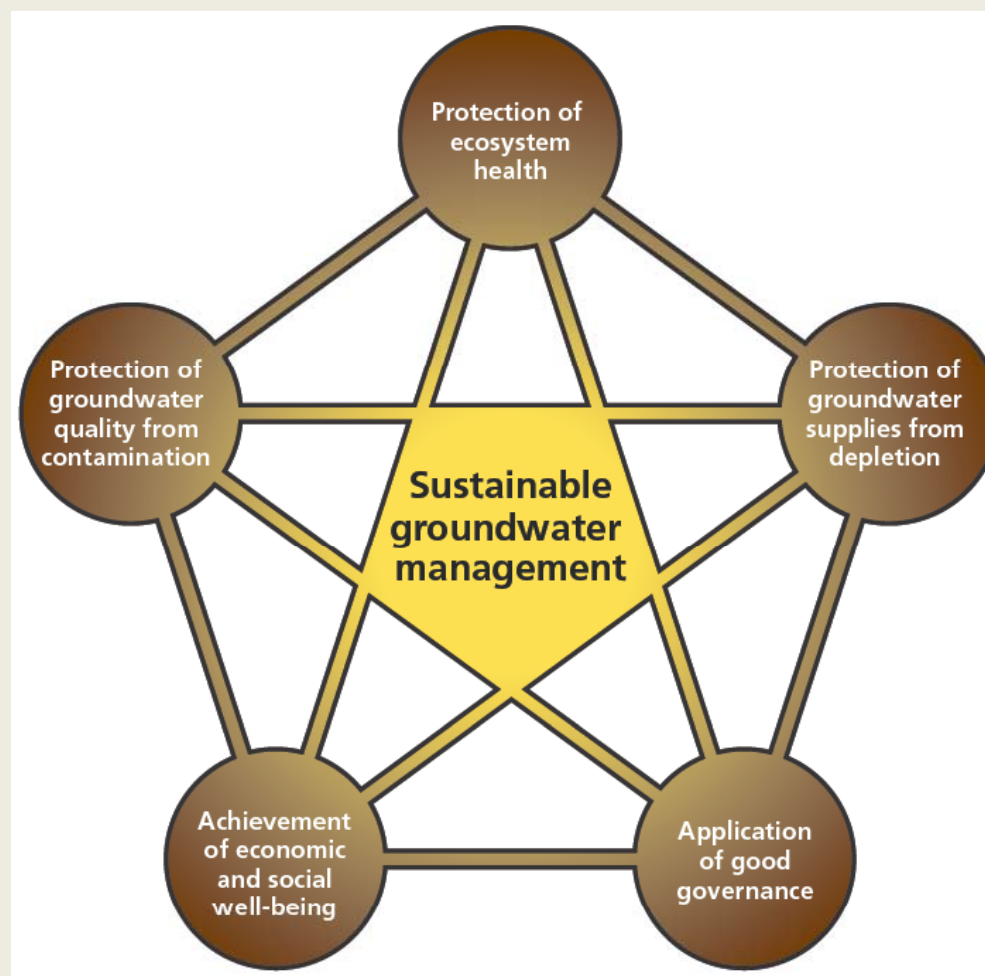
Hans Jørgen Henriksen, GEUS

# Disposition

- Kriterier for bæredygtighed
- DK model og fire vandbalanceindikatorer
- Resultater for hele landet
- Opfølgning på Ferskvandets Kredsløb

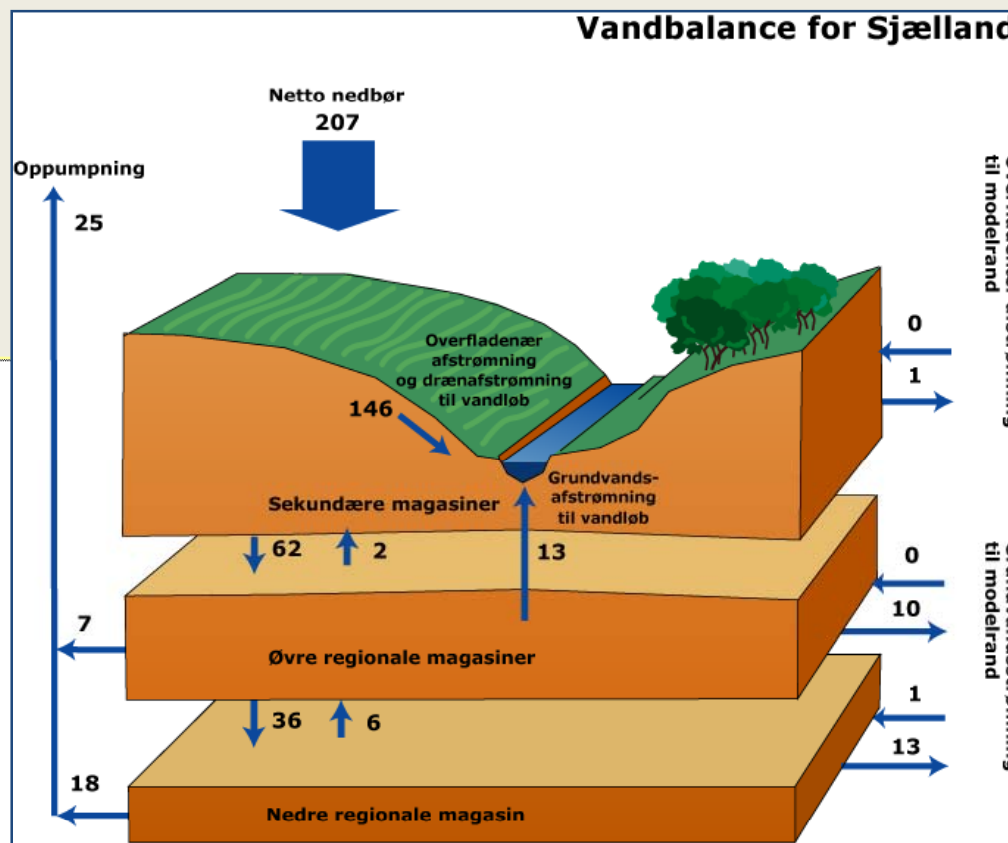
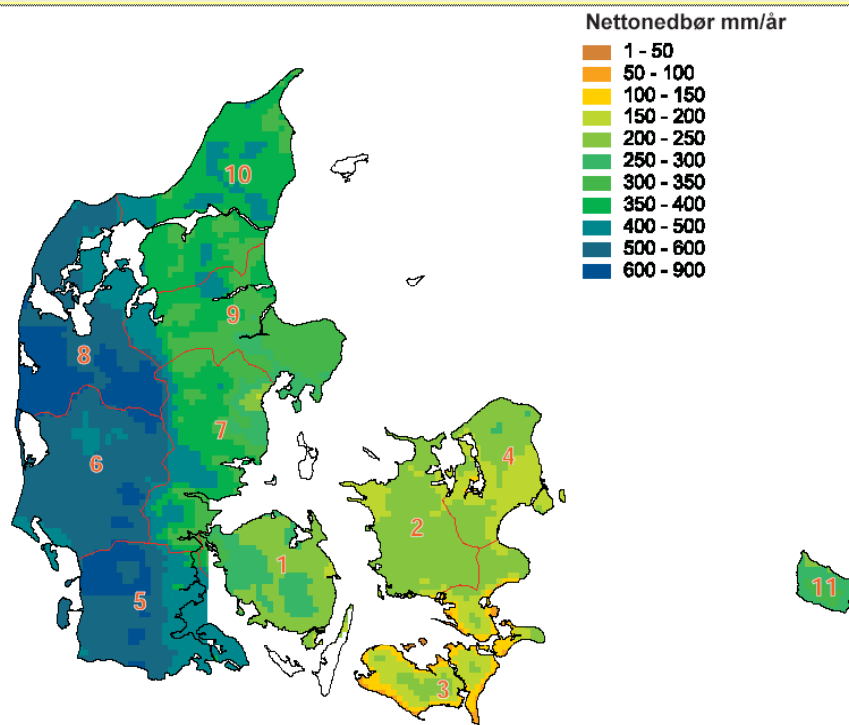
# Kriterier for bæredygtighed (def.)

- Lee (1915): "the quantity of water that can be pumped regularly and permanently without dangerous depletion of the storage reserve"
- Meinzer (1923): "the rate at which water can be withdrawn from an aquifer for human use without depleting the supply to such an extent that withdrawal at this rate is no longer economically feasible"
- Todd (1959): " the amount of water abstraction that does not produce undesirable results"
- Sophocleous (2000): "the safe yield of an aquifer must be considerably less than the recharge, if adequate amounts of water are to be available to sustain both the quantity and quality of streams, springs and wetlands"



*Council of Canadian Academies, 2009*

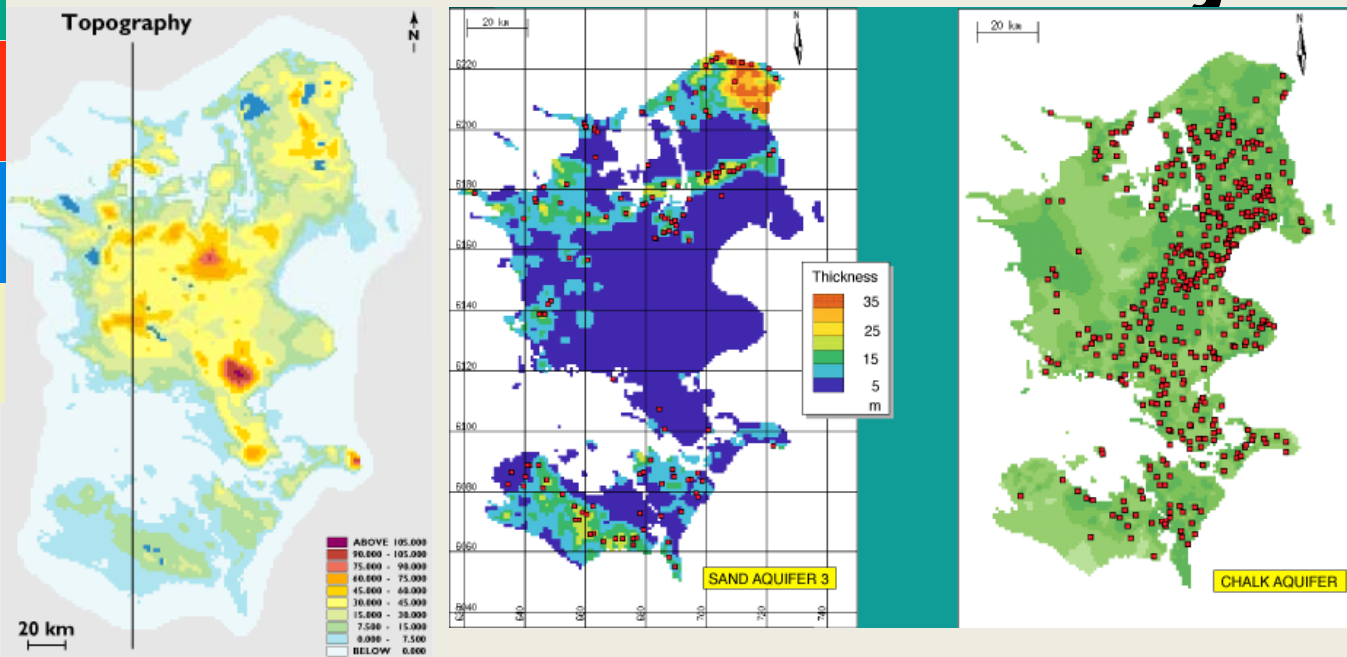
# DK model 2003 nettonedbør og vandbalance



Projektkontrakt med  
Miljøministeriet  
1997-2003

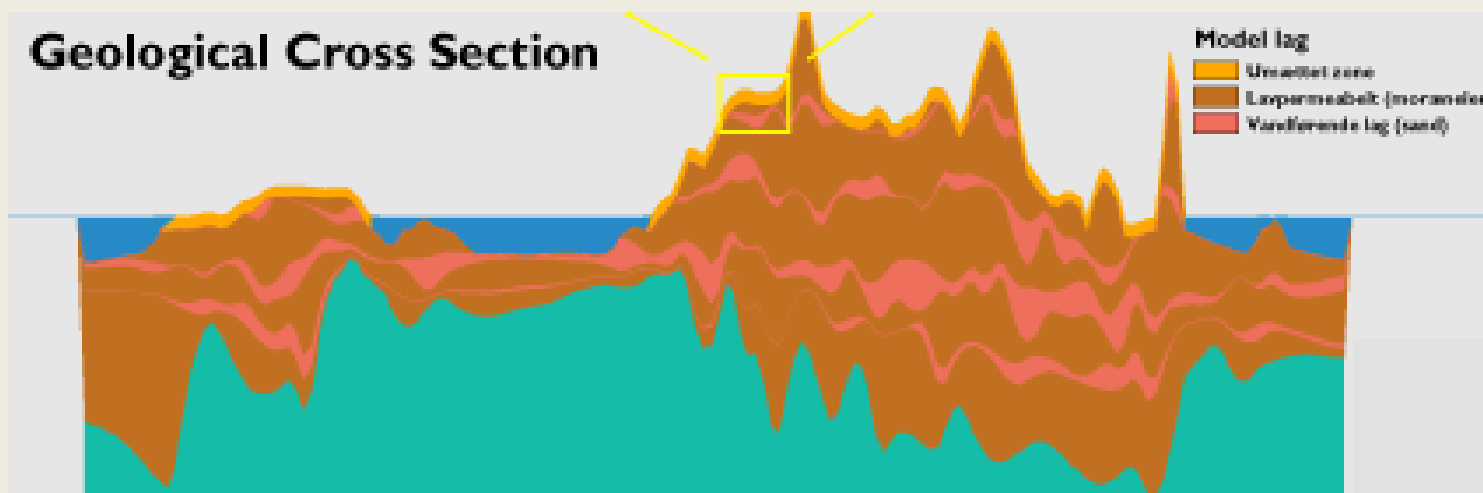


# DK model 2003 Sjælland

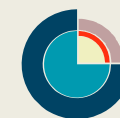


- MIKE SHE, MIKE 11
- 1 km<sup>2</sup> grid
- ca. 10 vertikale lag
- daglig tidsskridt
- oppumpning, afstrømning, grundvandsstand og vandbalance
- kalibreret og valideret i forhold til trykniveau og afstrømning

## Geological Cross Section



9 lag  
1x1 km  
grid



# Fire indikatorer

- Fokus på at uønskede påvirkninger af overfladevands-økologi (indikator 3 og 4) og grundvandskvalitet (indikator 1 og 2) af grundvandsindvinding
- Vandrammedirektiv inspireret baseret på numerisk grundvand-/overfladevandsmodel
- Gennemskuelig, praktisk gennemførlig, vidensbaseret, og ensartet landsdækkende opgørelse af bæredygtig grundvandsindvinding

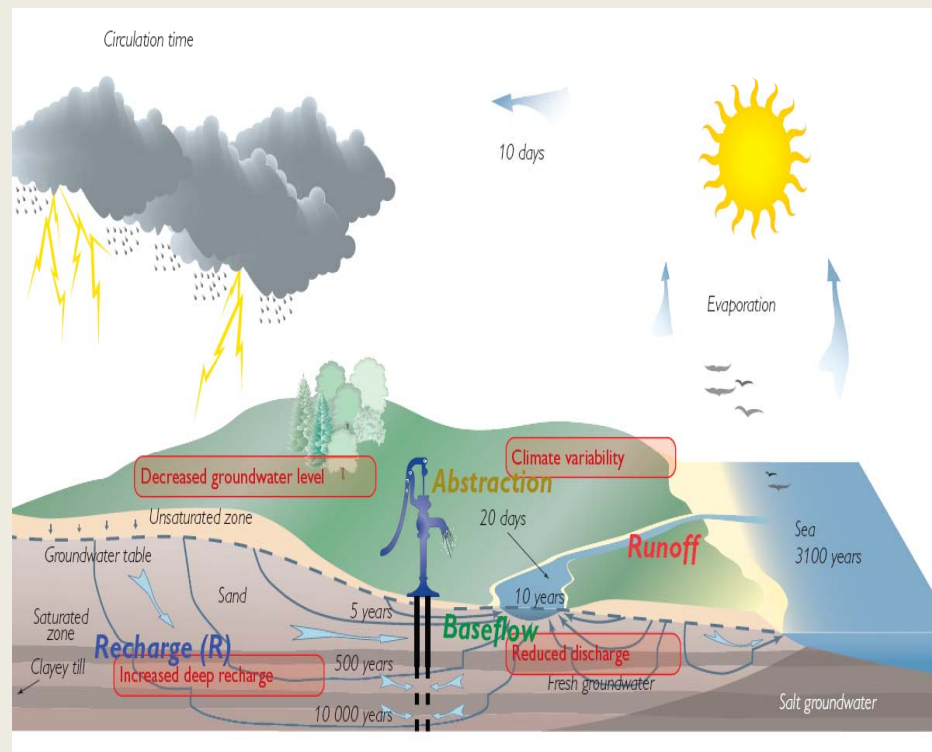
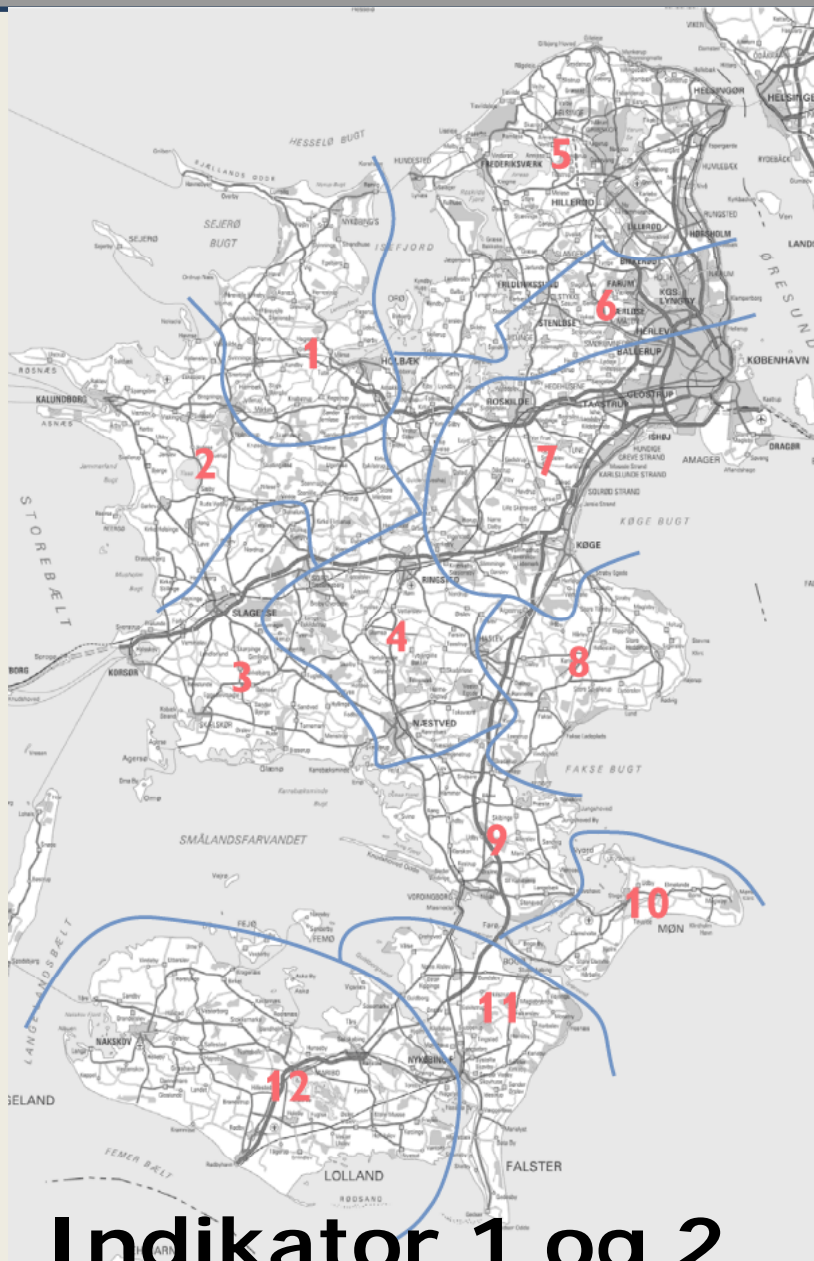
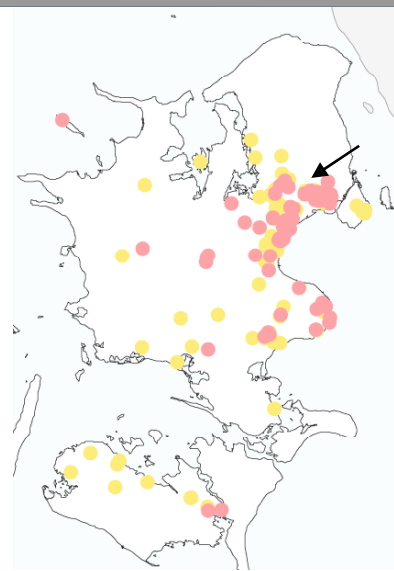


Table 2. The four indicators used to characterise sustainable groundwater abstraction

Indicator No	Indicator	Factor considered
1	Max abstraction = 35% of natural recharge	Decreased groundwater table (groundwater quality)
2	Max increase of recharge = 30% of natural recharge	Increased deep recharge (groundwater quality)
3	Max reduction of annual streamflow = 10%	Streamflow depletion
4	Max reduction of low flows = {5, 10, 15, 25, 50%} depending on ecological objective of river reach	Reduced baseflow



# Indikator 1 og 2

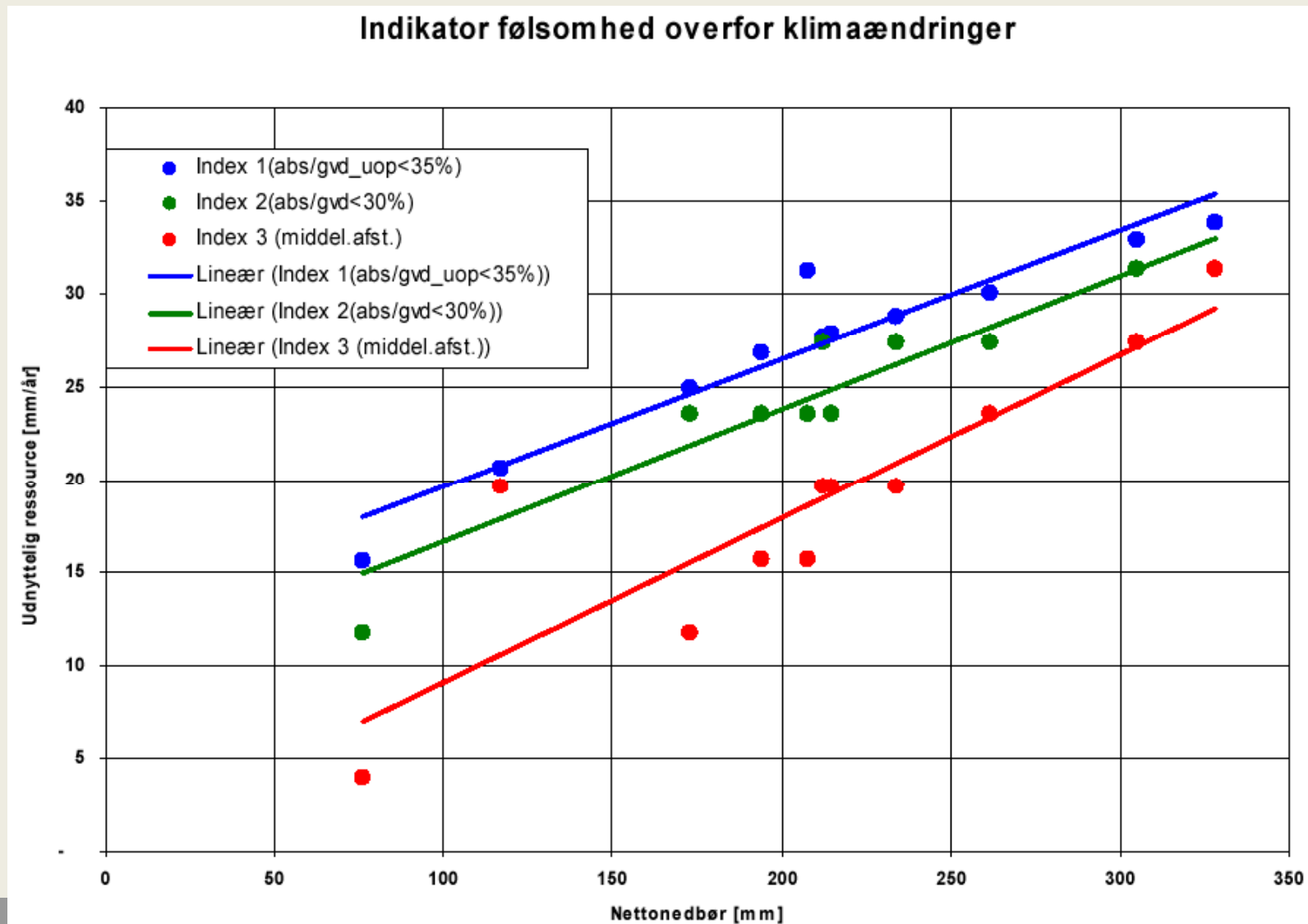


Nikkel  
 > 10 yg/l  
 > 20 yg/l

Andre:  
 klorid,  
 sulfat  
 hårdhed

Delområde	Areal km <sup>2</sup>	Udnyttelses- grad %
1 Odsherred	744	13
2 Kalundborg	1.037	16
3 Tude Å/Vårby Å	684	46
4 Suså	834	50
5 Nordsjælland	1.195	22
6 Sønder sø	484	53
7 København/Køge	1.112	125
8 Stevns/Fakse	571	18
9 Sydlige Sjælland	554	29
10 Møn	245	8
11 Falster	519	33
12 Lolland	1.253	37

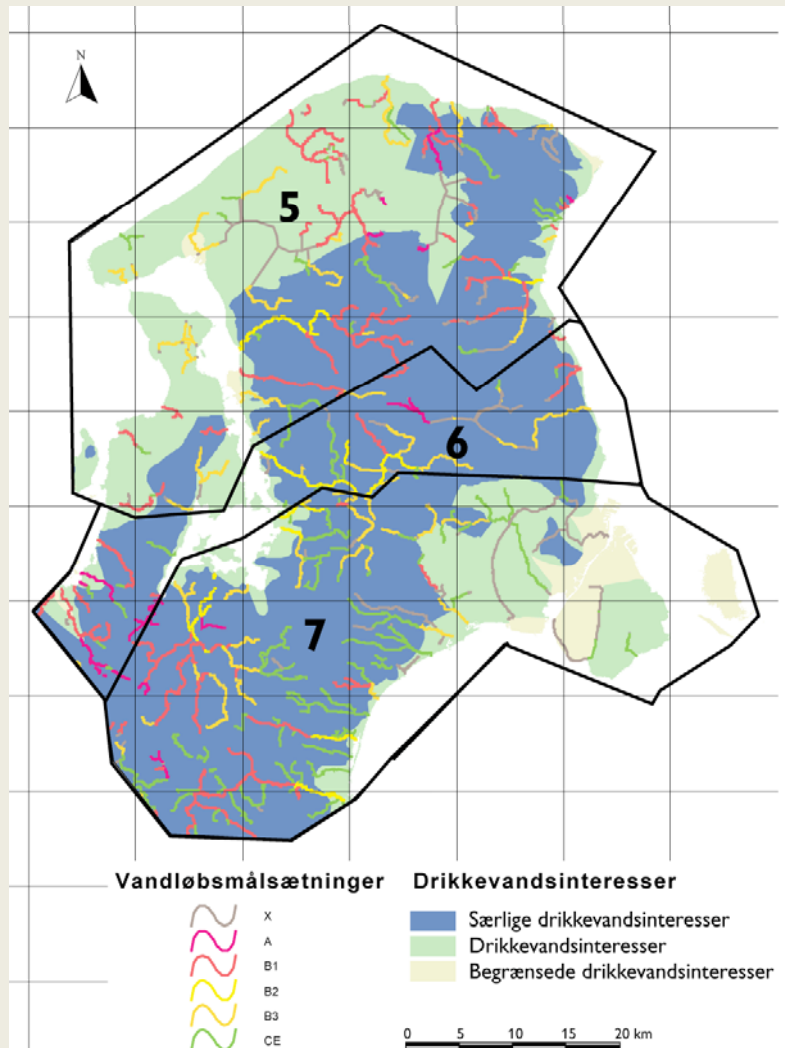
# Indikator 1-3 = funktion (nettonedbør)





# Påvirkning af vandløb (vandføring)

## Indikator 3 og 4



### INDIKATOR 3

Middelvandføring

Krav om max. 10 % reduktion

### INDIKATOR 4

Sommer min. vandføring:

- A Naturvidenskabelige interesseområde max. 5 %
- B1 Gyde- og opvækst for laksefisk max. 10 %
- B2 Laksesfisk max. 15 %
- B3 Karpesfisk max. 25 %
- C-F Lempet målsætning max. 50 % reduktion

# Resultater

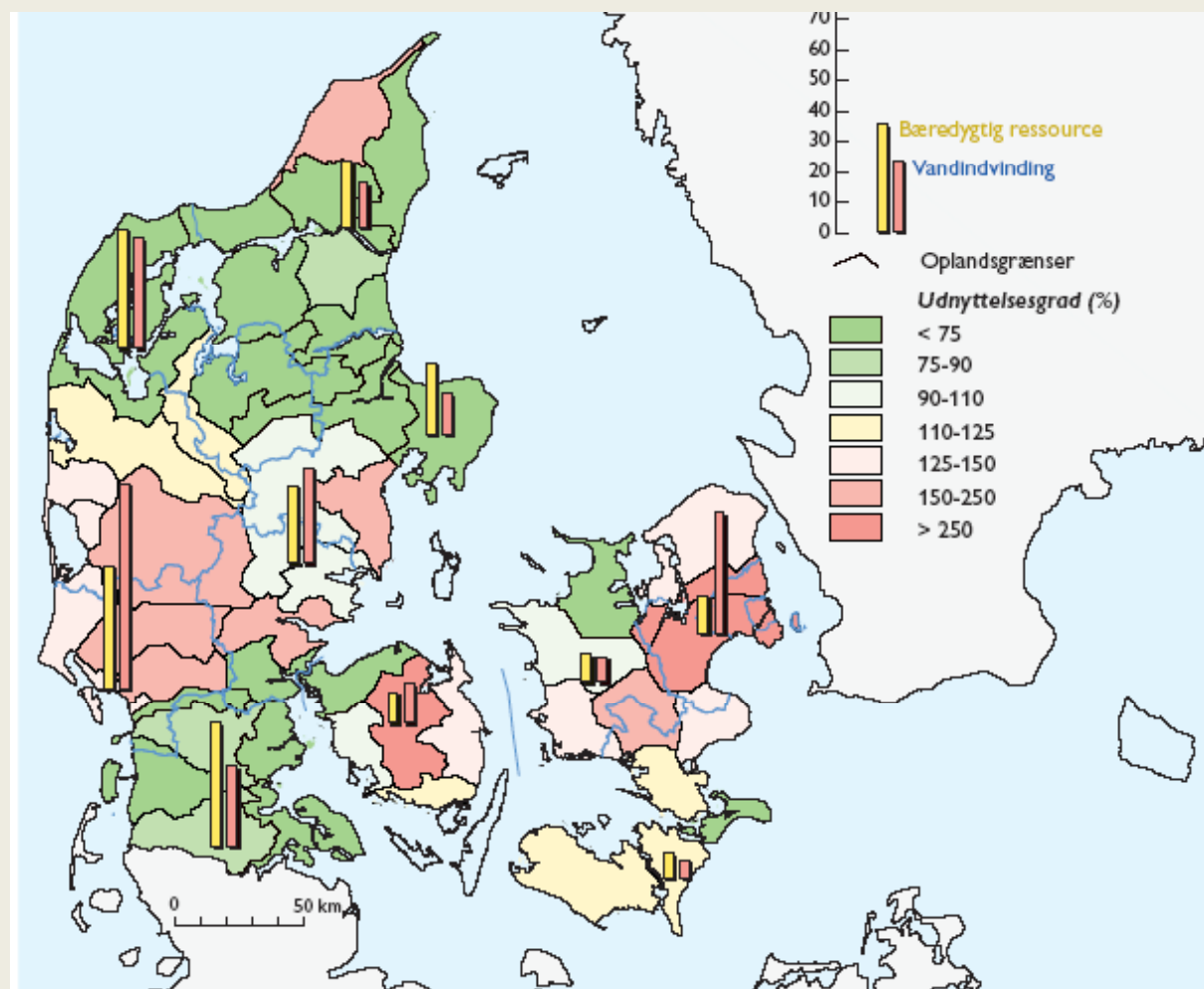
Table 2. Assessment of available resources for Fyn, Sjælland and Jylland (the results for Bornholm are not yet available). Results for indicator 1-3 (groundwater quality, streamflow decrease and climate variability), compared to indicator 4 (baseflow reduction).

Region	Abstraction 2000 mm/year <sup>1)</sup>	Area km <sup>2</sup>	Ind. 4 mm/year	Ind. 1 mm/year <sup>2)</sup>	Ind. 2 mm/year <sup>2)</sup>	Ind. 3 mm/year <sup>2)</sup>	Available resource mm/year	Available resource mill m <sup>3</sup> /y	Total Abstract mill m <sup>3</sup> /y <sup>1)</sup>
1 Fyn	12.8	2945	10	15–17	15–16	17–29	10	30	38
2 VV-Sjælland	7.9	3281	10	9–10	9–10	17–28	9	28	26
3 S-Sjælland	6.0	3207	8	8–8	8–8	21–27	8	26	19
4 N-Sjælland	39.1	2831	14	25–30	23–27	12–23	12	33	111
5 S-Jylland	26.0	4500	47	47–52	40–45	>52	40	180	117
6 SW-Jylland	66.4	5263	60	57–71	49–61	40–68	40	211	349
7 SE-Jylland	30.8	4705	26	28–31	25–27	41–64	25	118	145
8 W-Jylland	36.0	5291	39	67–86	58–75	>50	39	207	190
9 E-Jylland	13.1	4418	23	34–41	30–37	26–38	23	102	58
10 N-Jylland	14.6	5478	22	33–42	29–37	31–41	22	121	80
Total								1054	1133

1) Abstraction for year 2000 for water supply wells, industry etc. Assumed full irrigation according to irrigation permissions (the actual abstracted volume for irrigation only amounted 1/3 of the permission for 2000).

2) The range signifies an estimate of the indicator value given a netprecipitation input of 80 % and 120 % of the average value for 1991-2000. This corresponds approximately to 'critical' dry and wet 5-year periods estimated to occur approximately once every century, based on precipitation variations for the period 1974-2000 (Henriksen and Sonnenborg, 2003:43-45).

# Bæredygtighed jf. Ferskvandets kredsløb



# Sammenligning med Vandrådet

## Vandrådet 1992:

Nettonedbør = 12 mia. m<sup>3</sup>/år

Udnyttelig R. = 1.8 mia. m<sup>3</sup>/år

Udnyttelig R. ~ 15 % af  
nettonedbør

Usikkerhed ?

## DK-modellen 2003:

Nettonedbør = 16 mia. m<sup>3</sup>/år

Udnyttelig R. = 1.0 mia. m<sup>3</sup>/år

Udnyttelig R. ~ 6 % af  
nettonedbør

Usikkerhed: +- 10 % for

Deloplade +- 20 % for 10

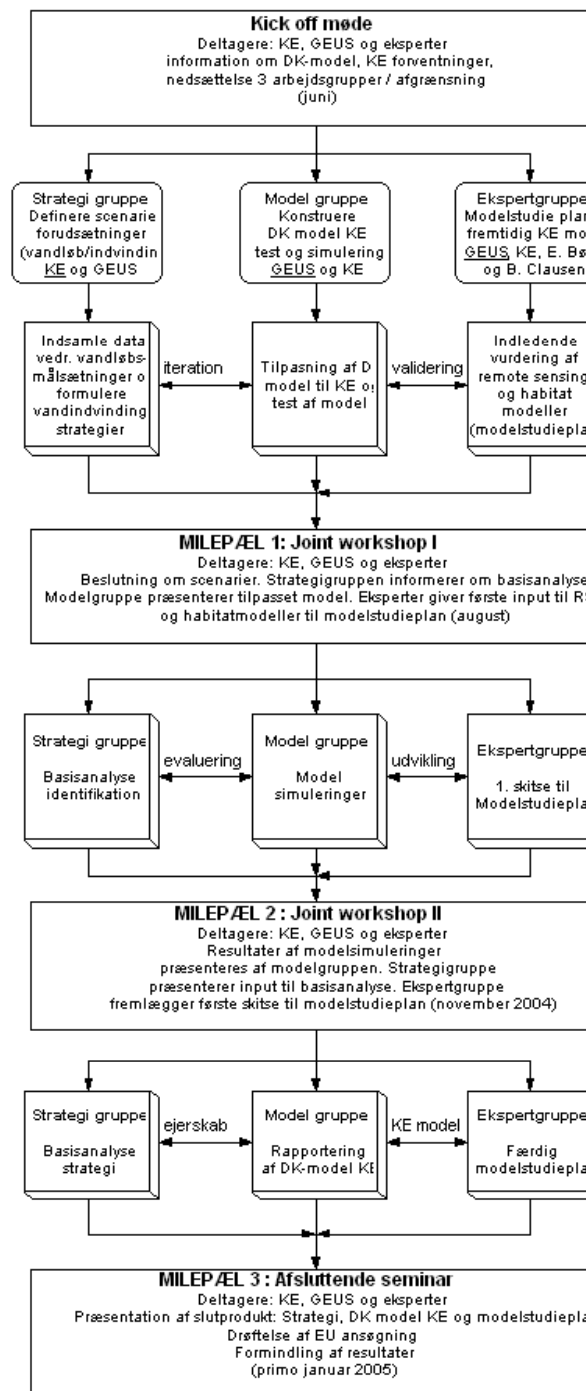
50 U. omr. +- 40 % for 50

"Skala og forsyningsstruktur  
afhængige 'indikatorer' "

# DK model KE Sjælland 2005

## Opgave formål:

- Simulering af ferskvandets kredsløb for udvalgte *vandindvindings-scenarier*
- Ekspert gruppe *workshop's*



Kick-off

Arbejds-  
grupper

Workshop

Arbejds-  
grupper

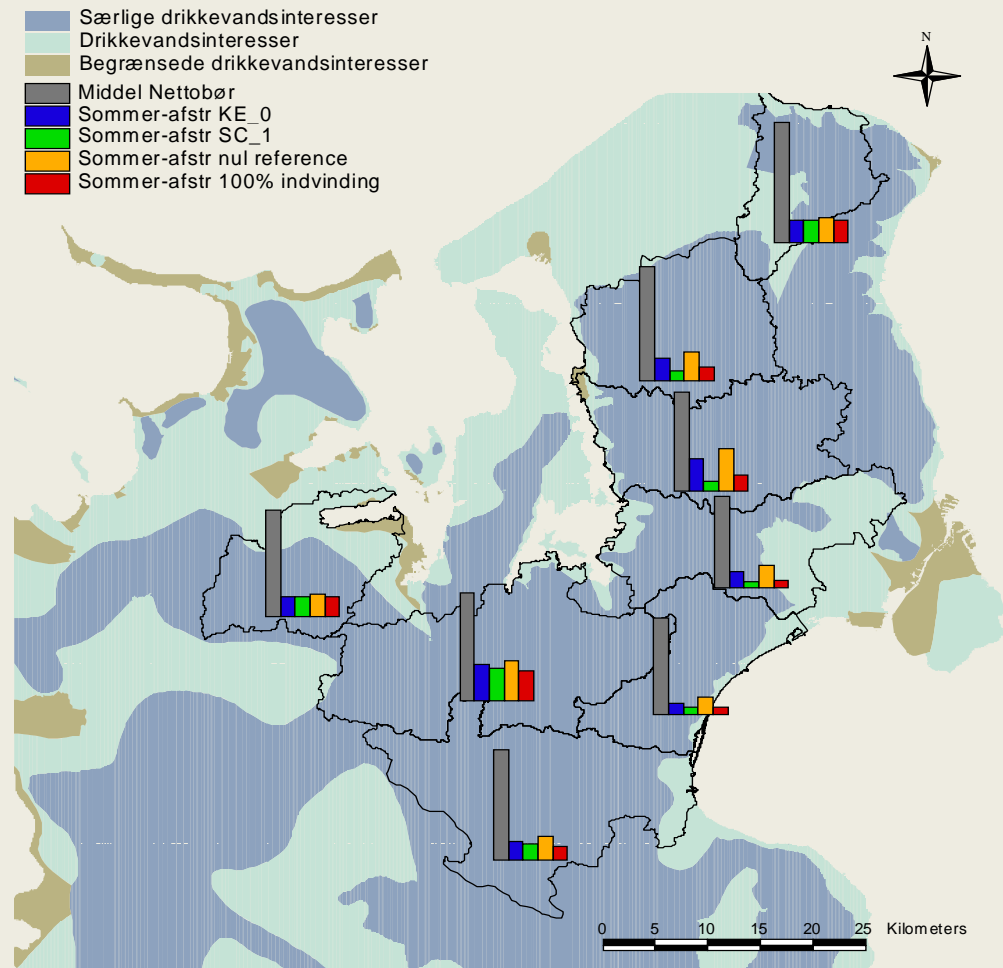
Workshop

Arbejds-  
grupper

Slut-  
seminar

# Resultater af DK model KE

- Ikke muligt direkte at koble habitatmodeller og numerisk model eller overføre bæredygtigheds-kriterier til en mindre skala
- Fastlæggelsen af konkrete, kvantitative mål for grundvands-ressourcen bør som udgangspunkt ske under hensyn til:
  - Befolkningens almindelige forsyning med drikkevand
  - Sikring af god tilstand for vandområder og tilknyttede terrestriske økosystemer
  - Øvrige behov for vand



# Opsummering

- De fire indikatorer benyttet ved ferskvandets kredsløb kan ikke stå alene når de benyttes på mindre skala => der skal inddrages mere konkrete vurderinger af fx betydning af ændret grundvandstand, vandkvalitet og ændret vandbalance osv. for grundvandsforekomster, vandløb og vådområder
- DK-modellen udvikles løbende → anvendelsesområde og skala for anvendelse forbedres løbende
  - Vandbalanceproblematikken har været til eftersyn. GEUS er i gang med at indbygge nye anbefalinger til vandbalancen jf. dynamisk nedbørskorrektion mm. i forbindelse med KFT grundvandsmodellering
  - Detailmodeller fra grundvandskortlægningen er indbygget i DK modellen gennem senere år og bidrager til løbende opdatering af DK model
  - En række øvrige forbedringer mht. rodzonebeskrivelse (two-layer), vandløbsbeskrivelse (MIKE 11), skala (0.5 km), vandindvindinger mm.
- Der er evt. behov for nye indikatorer for vandløbspåvirkning der er bedre relateret til fisk, årstider, temperatur mv., men modellens evne til beskrivelse af ekstremværdier i afstrømningen skal også forbedres yderligere. Der er grænser hvor langt man kan komme ned i skala med DK model
- Klimatilpasning og grundvandskvalitet er med i vandplanen i runde 2, det vil sige at behovet for modellering og brugbare bæredygtighedskriterier er akut, specielt på mindre skala!

# Tak for opmærksomheden!

Mere information  
om DK model  
og Ferskvandets  
kredsløb:

[www.vandmodel.dk](http://www.vandmodel.dk)

Her kan du læse  
mere :

Journal of Hydrology (2008) 348, 224–240



available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://www.elsevier.com/locate/jhydrol)



## Assessment of exploitable groundwater resources of Denmark by use of ensemble resource indicators and a numerical groundwater–surface water model

Hans Jørgen Henriksen \*, Lars Trolborg, Anker Lajer Højberg,  
Jens Christian Refsgaard

*Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen, Denmark*

Received 26 March 2007; received in revised form 14 September 2007; accepted 25 September 2007