MADALGO

CENTER FOR MASSIVE DATA ALGORITHMICS

Gerth Stølting Brodal
Aarhus Universitet

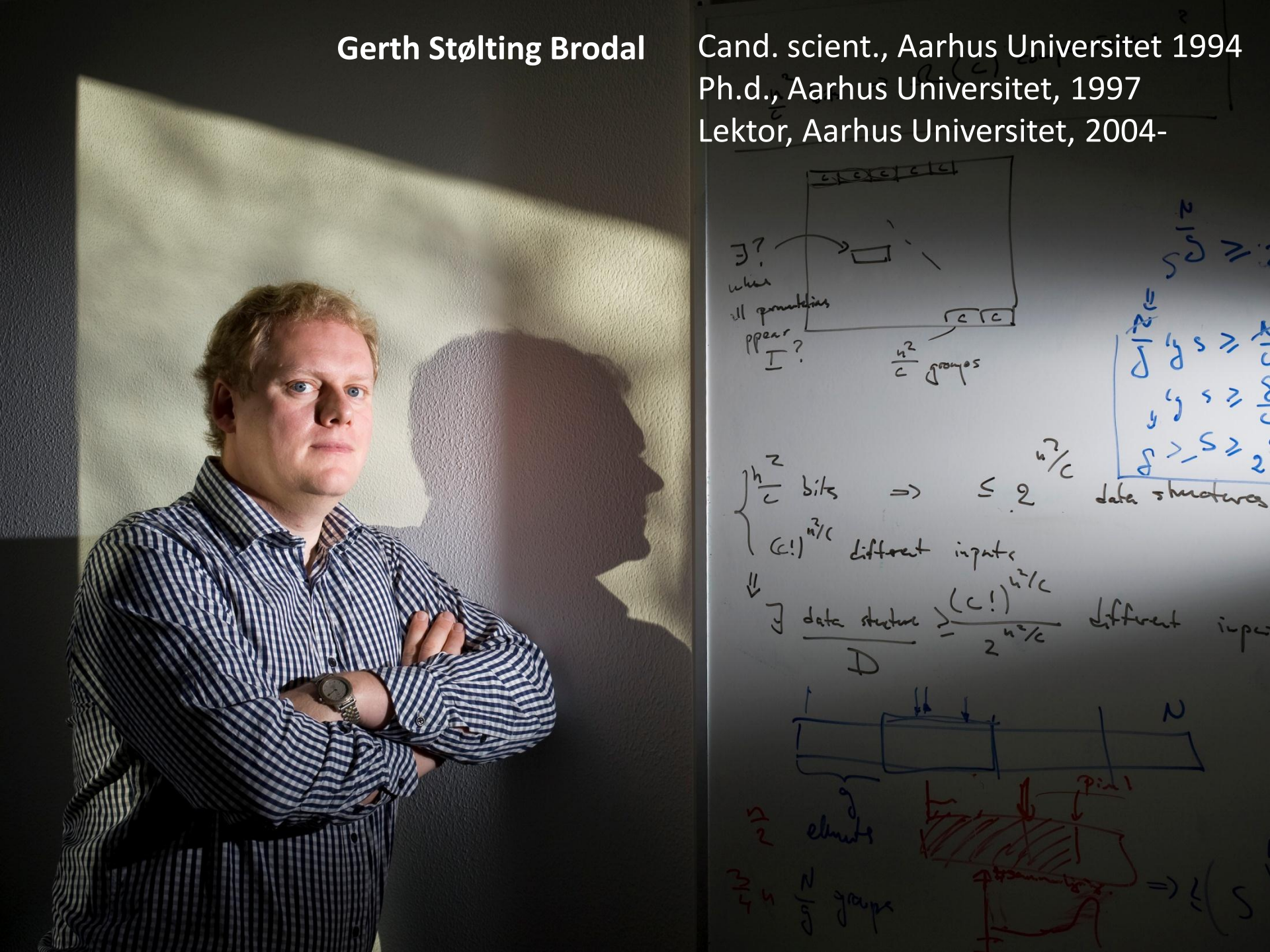
Science Center Sorø - 4. september 2009

Overblik

- Hvem er jeg ?
- Hvad er MADALGO ?
- Algoritmiske problemstilling ?
- Videnssprednin

Gerth Stølting Brodal

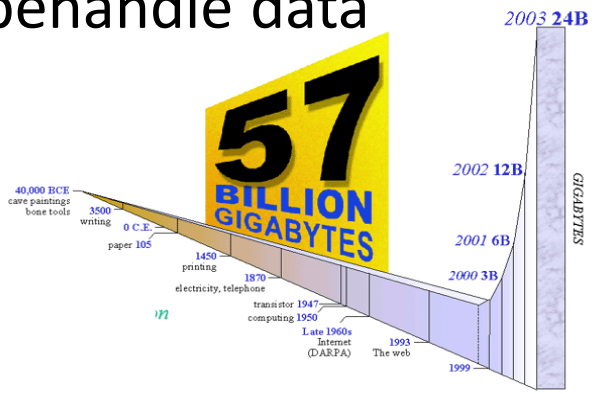
Cand. scient., Aarhus Universitet 1994
Ph.d., Aarhus Universitet, 1997
Lektor, Aarhus Universitet, 2004-




MADALGO
CENTER FOR MASSIVE DATA ALGORITHMICS

Center motivation: Massive Data

- Computere og censorer anvendes overalt
- Øgede muligheder for at indsamle/gemme/behandle data
  → Massive data tilstede overalt
- Samfundet mere og mere "datadrevet"
  → Tilgå/behandle data overalt til enhver tid



Nature

- 2/06: "2020 – Future of computing"
- 9/08: "BIG DATA"

- Videnskabelig data vokser eksponentielt, mens kvalitet og tilgængelighed forbedres
- Paradigmeskift: *Videnskab vil blive om datamining*
  → Datalogi altafgørende i alle videnskaber

Massive Data Eksempler

- Telefon: AT&T 20 TB telefonopkalds database, trådløs sporring
- Forbrugere: WalMart 70 TB database, købsmønstre
- WEB: Google indeks med »8 milliarder websider
- Bank: Danske Bank 250 TB DB2 database
- Geografi: NASA sateliter genererer terrabytes hver dag

MADALGO
CENTER FOR MASSIVE DATA ALGORITHMICS


Lars Arge

- Center ved DANMARKS GRUNDFORSKNINGSFOND DANISH NATIONAL RESEARCH FOUNDATION
- Lars Arge, Professor, Centerleder
- Gerth S. Brodal, Lektor
- 5 post docs., 13 ph.d. studerende, 2 kandidat studerende, 4 TAP
- Total budget for 5 år ca. 60 millioner kr

- Overordnede mål
  - Fremme den algoritmiske viden inden for processering af massive data
  - Træning af forskere i et verdensførende miljø
  - At være katalysator for multidisciplinære samarbejder

DANMARKS GRUNDFORSKNINGSFOND
DANISH NATIONAL RESEARCH FOUNDATION

- Etableret 1991
  - 2 milliarder kr
  - Yderligere 3 milliarder i 2009
- Støtter
  - Grundforskningscentre (“Center of excellence”)
  - Højt profilerede gæsteprofessorer
  - Ph.d. skoler

- Center of excellence
  - Grundforskning i verdensklasse
  - 5 år; nogle forlænges med yderligere 5 år
  - P.t. ca. 40 centre
  - Gennemsnitlige 5 års bevilling på ca. 40 million kr

MADALGO kerneforskere

Arge
(AU)

Brodal
(AU)

I/O, cache, og algoritme engineering

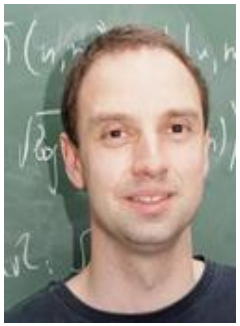
MADALGO
CENTER FOR MASSIVE DATA ALGORITHMICS

Demaine
(MIT)

Indyk
(MIT)

Cache og streaming

Mehlhorn
(MPI)



Meyer
(FRA)

I/O og algoritme enginnering

MADALGO

CENTER FOR MASSIVE DATA ALGORITHMICS

Center Aktiviteter

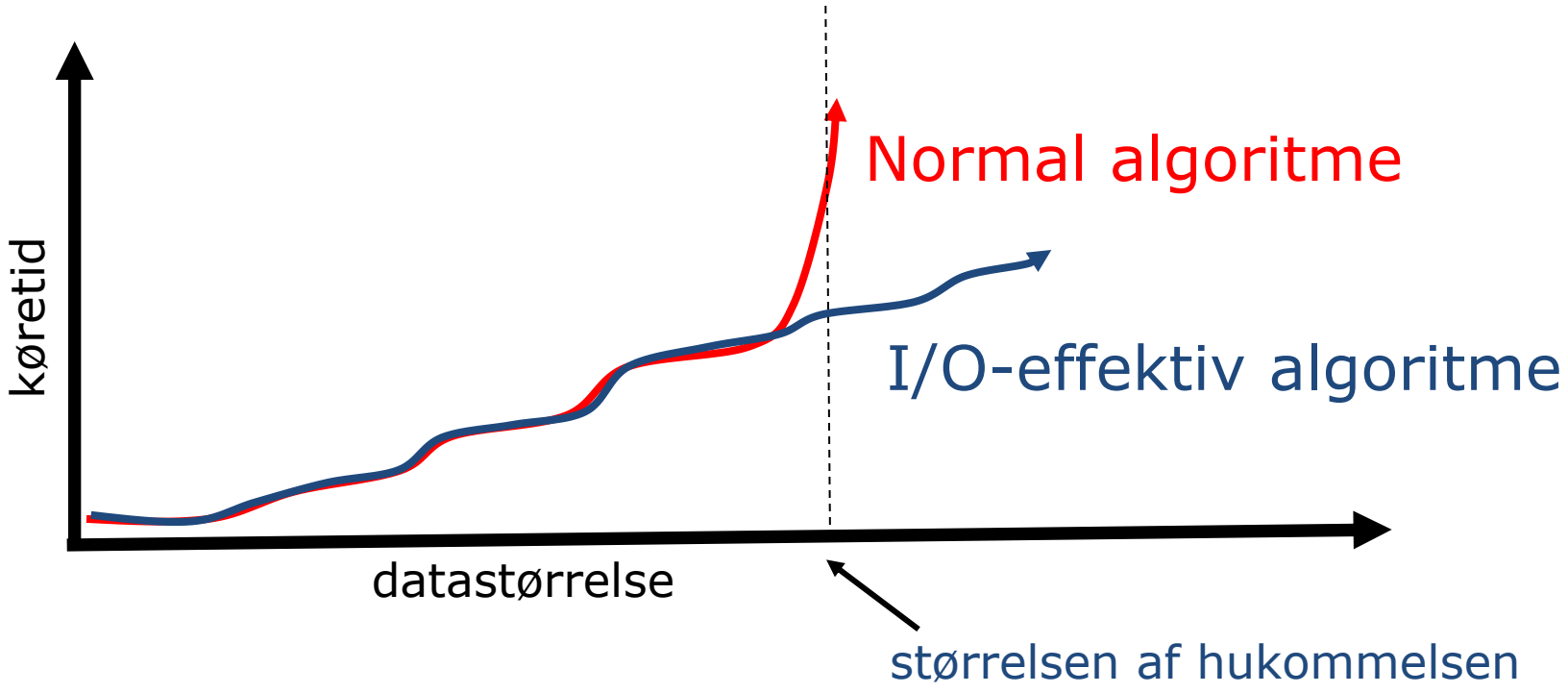
- Besøg af kerneforskerne
- Udveksling af AU, MPI, FRA og MIT post docs. og ph.d. studerende
- Gæsteophold af forskere og studerende fra andre institutioner
- Diverse workshops
  - Incl. multidisciplinære og i samarbejde med industrien
- Førende internationalle begivenheder:
  - 25th Annual Symposium on Computational Geometry in 2009
  - Workshop on Algorithms for Massive Datasets in 2009
- Sommerskoler
  - 2007: Streaming algorithms
  - 2008: Cache-oblivious algorithms

Center samarbejder

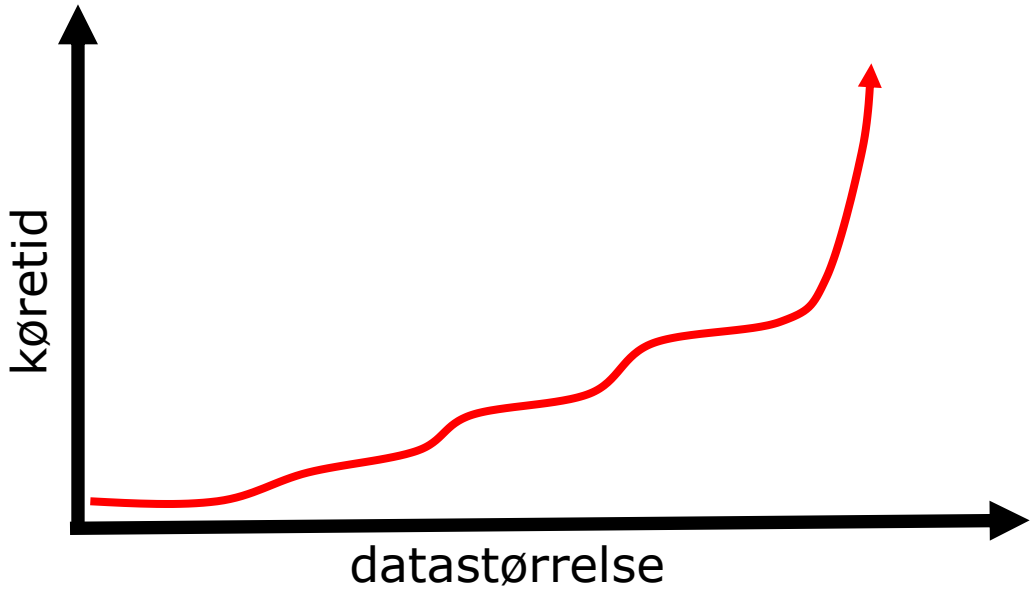
- COWI, DHI, DJF, DMU, Duke, NSCU
- Finansering fra det Strategiske Forskningsråd og US Army Research Office
- Software platform for Galileo GPS
  - Adskillige danske akademiske/industrielle partnere
  - Finansering fra Højteknologi Fonden
- Europæisk netværk om massive data algoritmik
  - 8 førende europæiske forskningsgrupper

Algoritmiske Problemstilling

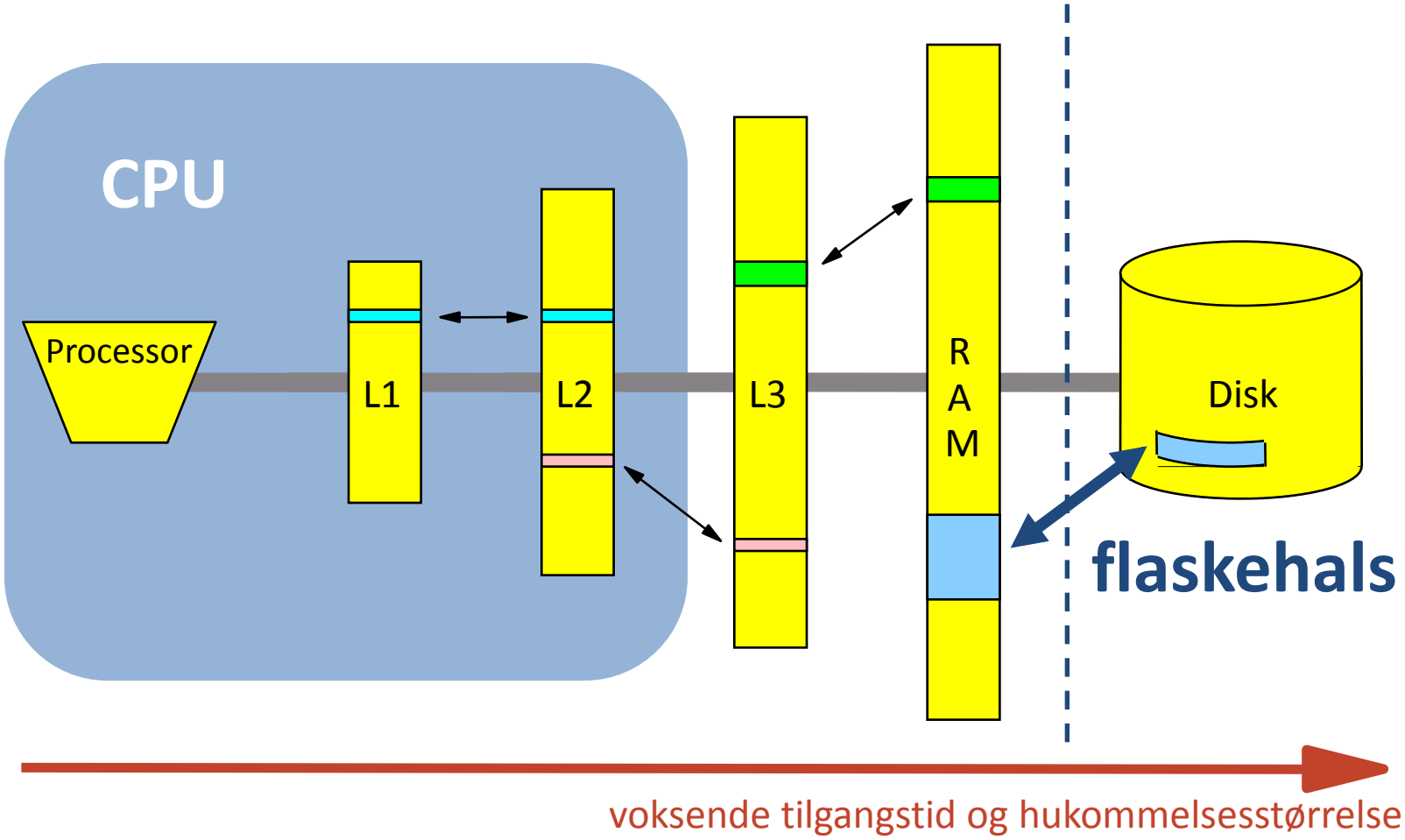
Problemet...


køretid
datastørrelse
Normal algoritme
I/O-effektiv algoritme
størrelsen af hukommelsen

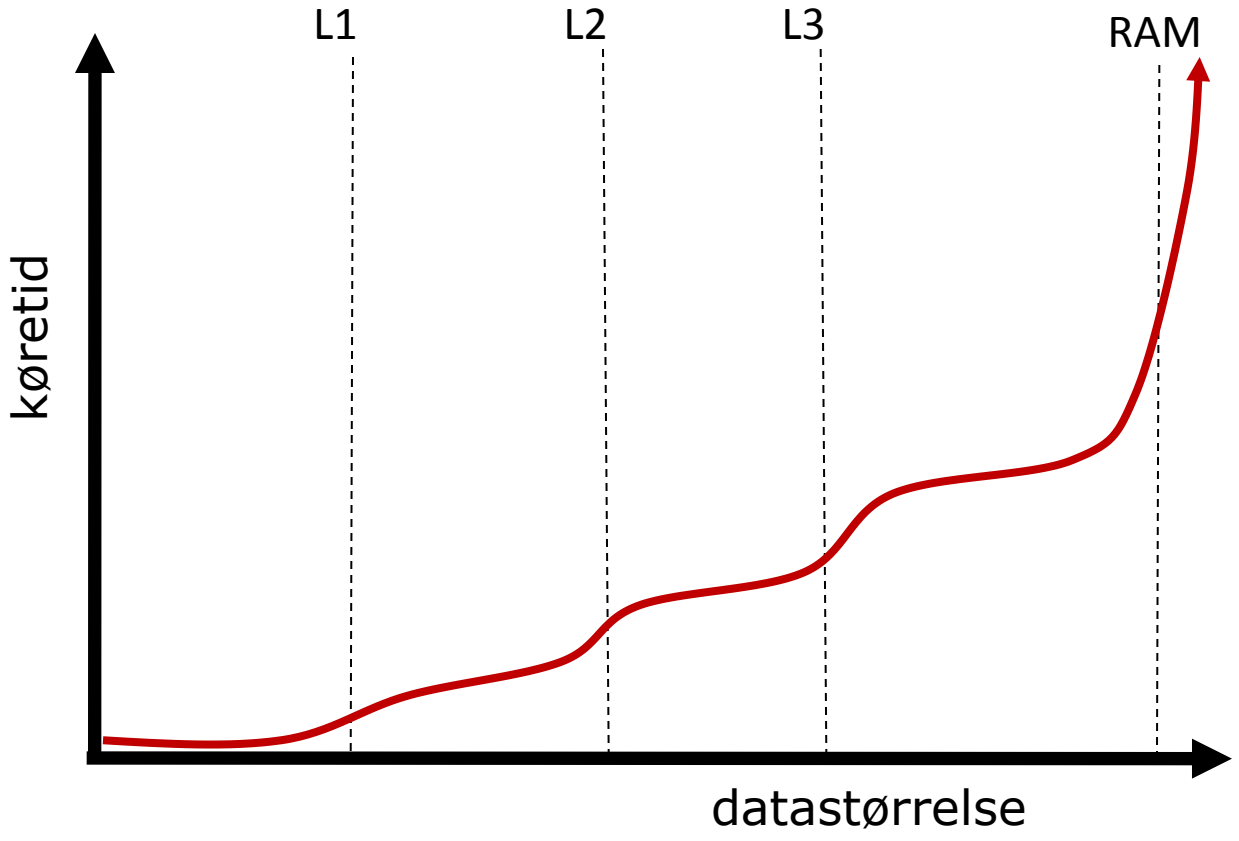
Hvad er flaskehalsene ?



Hukommelseshierarkier



Hukommelseshierarkier vs. Køretid

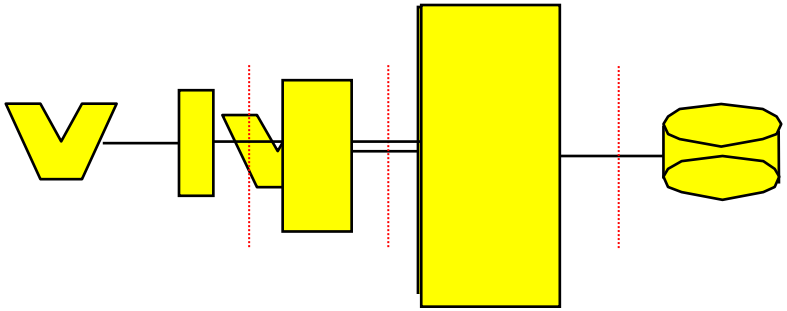


Algoritmik

- Central betydning for skalerbarhed/effektivitet
  → Algoritmik centralt datalogisk område

- Traditionel algoritmik:
  Transformer input til output ved anvendelse af en simpel maskinmodel
- Utilstrækkelig til f.eks.
  - Massive data
  - Små/varierende maskiner
  - Kontinuære datastrømme

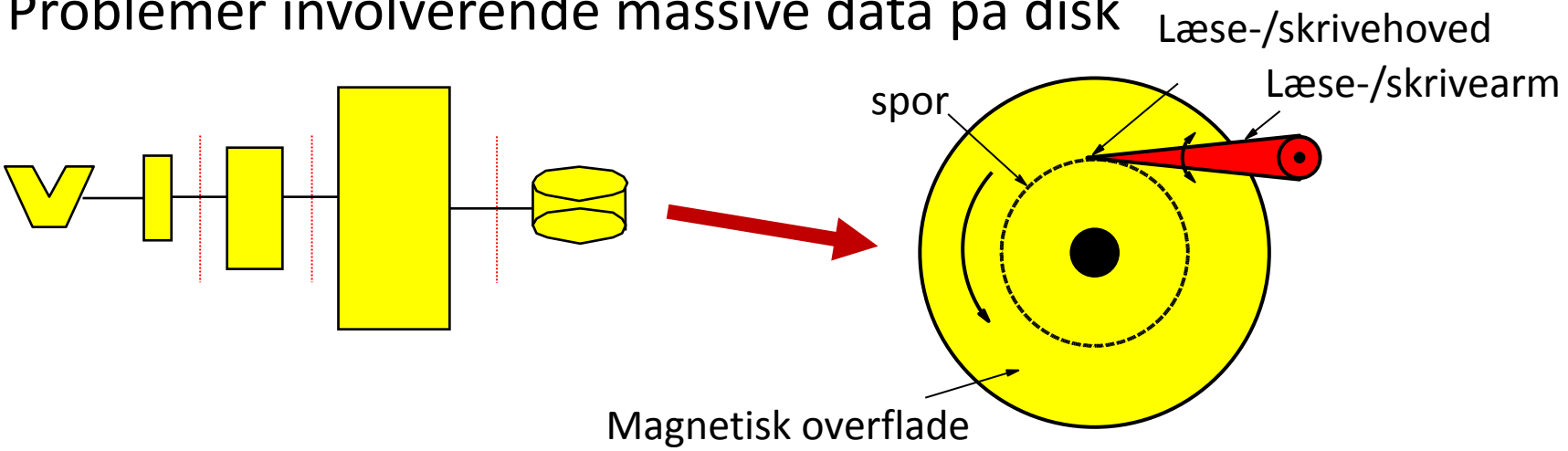
  → Software med begrænsninger!



- Faglige grupperinger har arbejdet med disse mangler
  - men meget mangler stadig at blive løst

I/O-Effektivite Algoritmer

- Problemer involverende massive data på disk

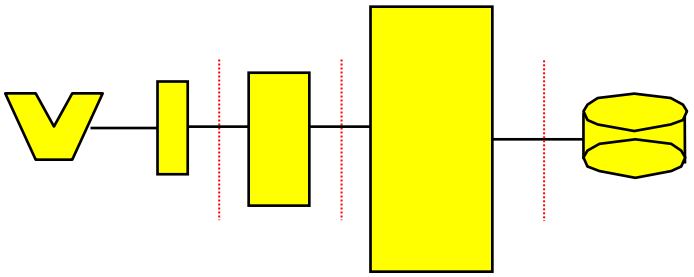


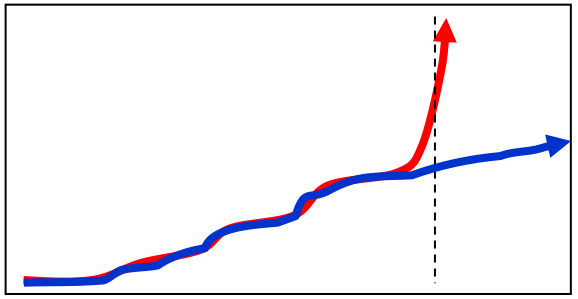
- Tilgang til disk er 10^6 gange langsommere end hukommelsen

"Forskellen i hastighed mellem moderne CPU- og diskteknologier svarer til forskellen i hastigheden mellem at spidse sin blyant med sin blyantspidser på sit skrivebord og at tage et fly til den anden side af jorden og anvende en anden persons blyantspidser på dennes skrivebord." (D. Comer)

I/O-Effektivite Algoritmer

- Problemer involverende massive data på disk



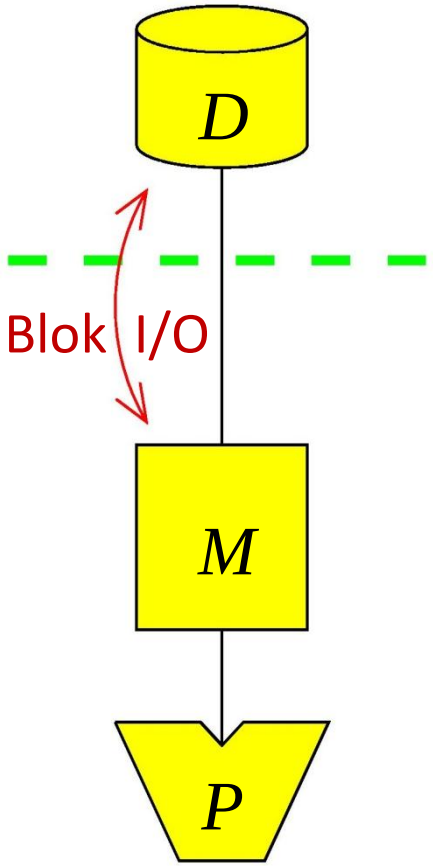


- Tilgang til disk er 10^6 gange langsommere end hukommelsen
- Dyr tilgangstid amortiseres ud ved at overførre store blokke af data

$\longrightarrow$ Altafgørende at udnytte blokkene når data gemmes/tilgås

- I/O-effektivie algoritmer:
  - Flytte så få blokke som muligt for at løse et givet problem

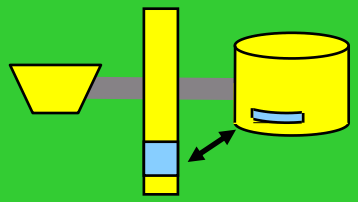
I/O-Effektive Algoritmer: I/O-model



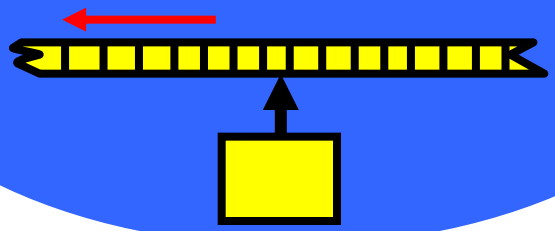
- Model parametre
  - *N*= # elementer i input
  - *B* = # elementer I en disk blok
  - *M* = # elementer i intern hukommelse
- Mål: Minimer # I/O
  - Flyt *B* sammenhængende elementer mellem hukommelsen og disk
- Typiske teoretiske grænser:
  - Sortering: $O(\frac{N}{B}\log_{M/B}\frac{N}{B})$
  - Søgning: $O(\log_B N)$
  - Prioritets køer: $O(\frac{1}{B}\log_{M/B}\frac{N}{B})$ amortiseret

MADALGO Fokusområder

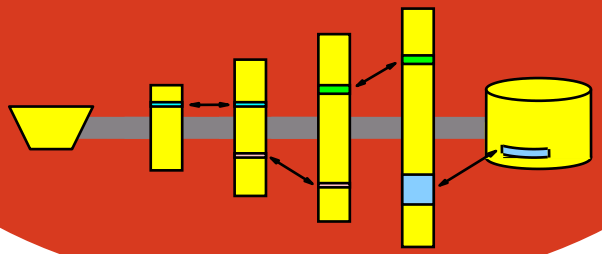
I/O Effektive Algoritmer



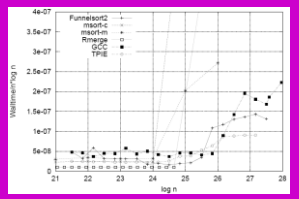
Streaming Algoritmer

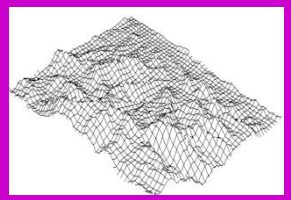


Cache Oblivious Algoritmer



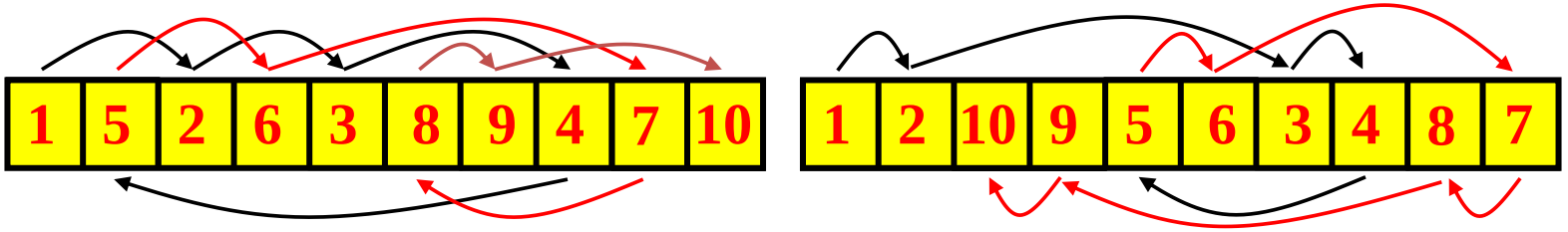
Algoritme Engineering





I/O-Effektive Algoritmer Gør Forksel

- Eksempel: Gennemløb en kædet liste
  - Problemstørrelse N = 10 elementer
  - Diskblokstørrelse B = 2 elementer
  - Hukommelsesstørrelse M = 4 elementer (2 blokke)



Algoritme 1: N = 10 I/O

Algoritme 2: N/B = 5 I/O

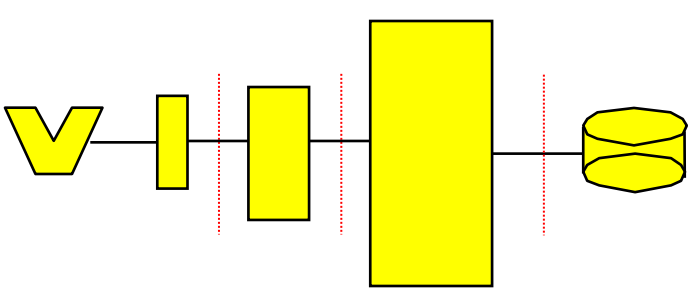
- Forskellen mellem N og N/B stor da blokstørrelsen er stor
  - Eksempel: $N = 256 \times 10^6$, B = 8000 , 1ms disk tilgang

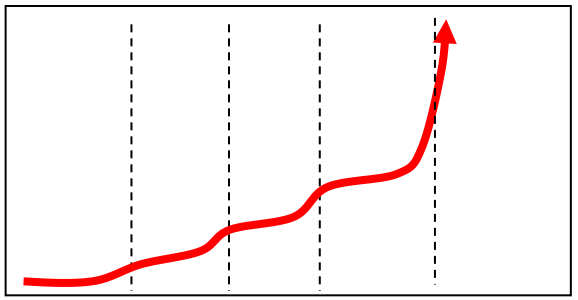
    $\Rightarrow$ N I/O tager 256×10^3 sek = 4266 min = 71 timer

    $\Rightarrow$ N/B I/O tager 256/8 sek = 32 sek

Cache-Oblivious Algoritmer

- Hvis problemer skal løses på ukendte eller ændrende maskiner





- Bloktilgang er vigtig på alle niveauer i hukommelseshierarkiet
  - Men hukommelseshierarkier er meget varierende

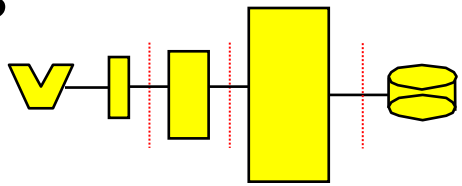
- Cache-oblivious algoritmer:
  - Brug alle blokke effektivt på *alle* niveauer i *ethvert* hukommelseshierarki

Algoritme Engineering

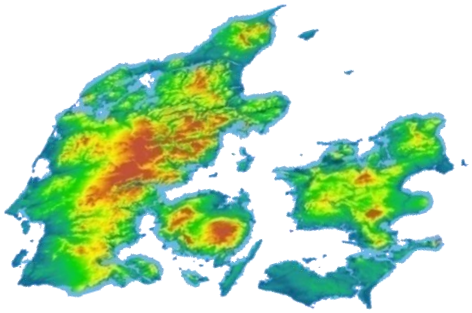
- Design/implementation af praktiske algorithmer
- Eksperimenter

- Center motiveret ved teoretiske mangler
- Center promoverer interdisciplinær/industrielt arbejde

→ Naturligt at lave algorithm engineering



- Algorithm engineering
  - Ofte værdifuld input til teoretisk arbejde
    - f.eks. til design af bedre beregningsmodeller
  - Nogle gange praktiske gennembrud
    - f.eks. MADALGOs terræn data implementation



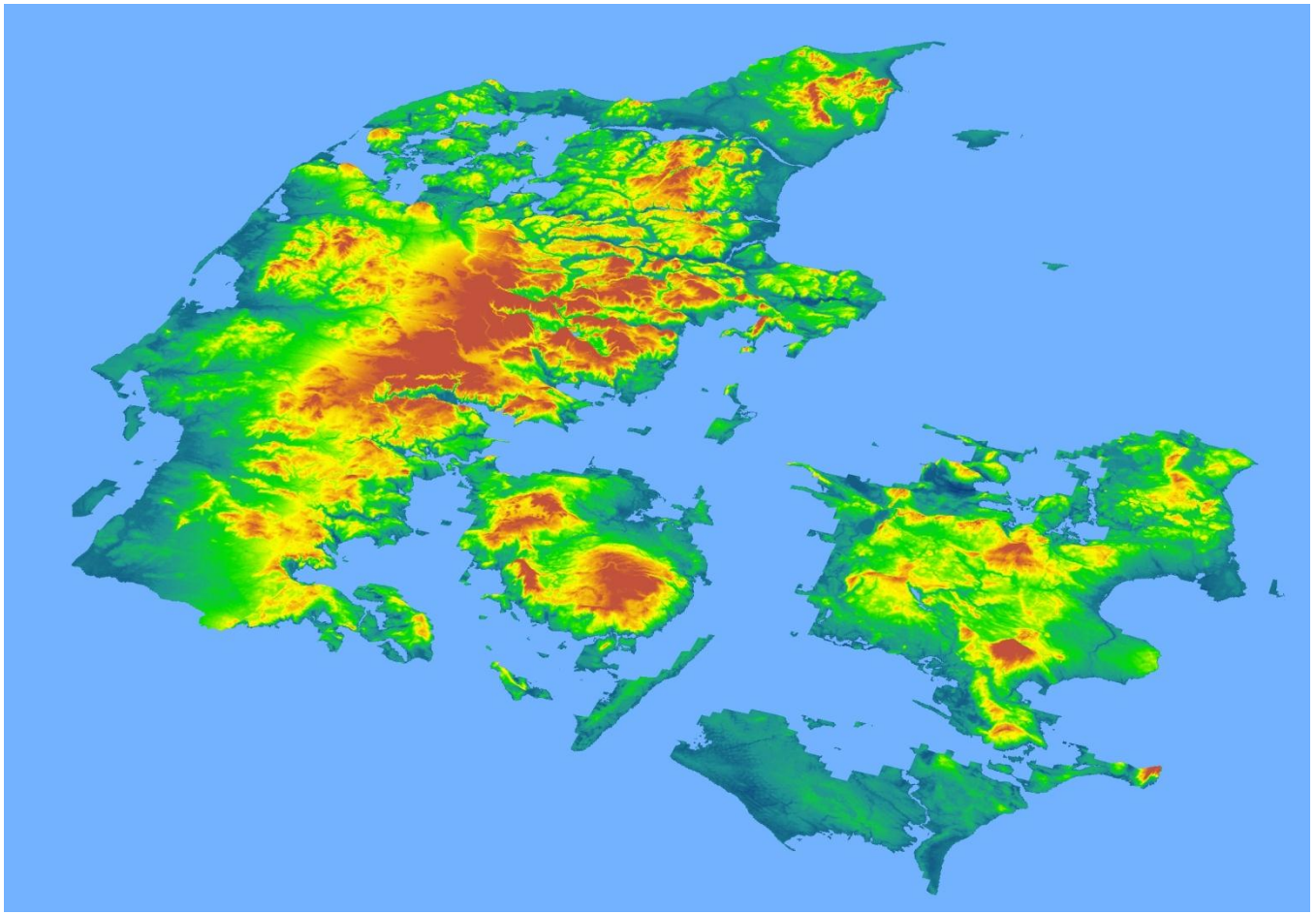
Hurricane Floyd

Sep. 15, 1999

7:00

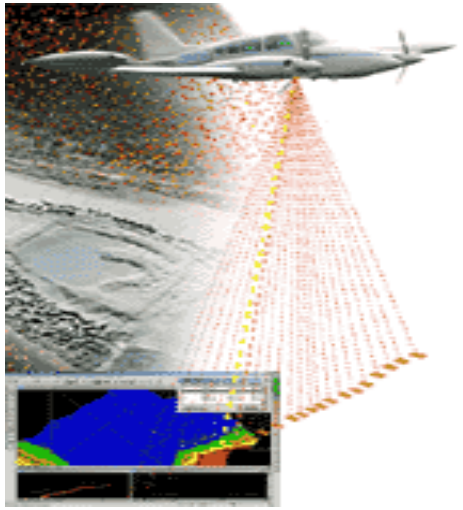
15:00

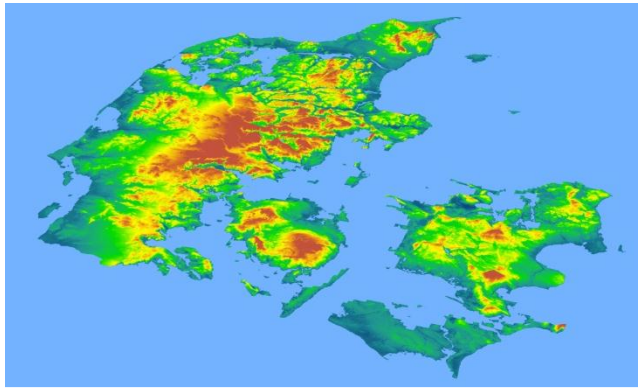
Massive Terræn Data



Terræn Data

- Nye teknologier: Meget nemmere/billigere at indsamle detaljeret data
- Før 'manuel' eller radarbaserede metoder
  - Ofte 30 meter mellem datapunkter
  - Nogle gange 10 meter data tilgængelig
- Nye laserskannings metoder (LIDAR)
  - Mindre end 1 meter mellem datapunkterne
  - Præcision i centimeter (hidtil meter)



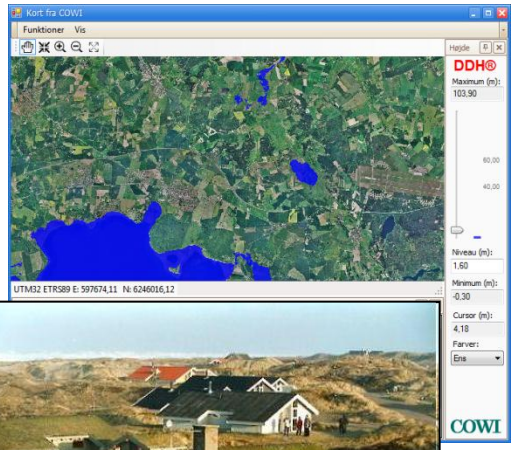


Danmark

- ~2 millioner punkter v. 30 meter («1GB)
- ~18 milliarder punkter v. 1 meter (»1TB)
- COWI (og andre) skanner nu DK
- NC skannet efter Hurricane Floyd i 1999

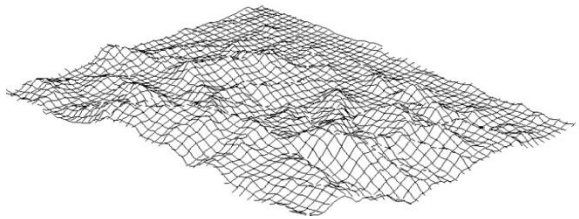
Simulering af Oversvømmelse

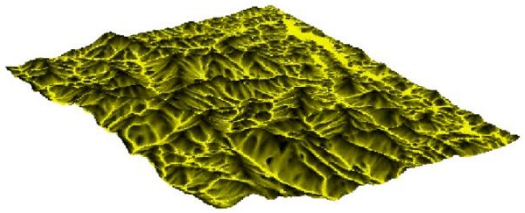
- Ikke alt terræn over højde *h* bliver oversvømmet når vandet stiger *h* meter!



- Teoretisk ikke så hårdt at beregne områderne der oversvømmes når vandet stiger *h* meter
  - Men ingen software kunne gøre det for Danmark ved 2-meter opløsning

- Anvend I/O-effektiv algoritme
  $\Rightarrow$ Danmark på én dag

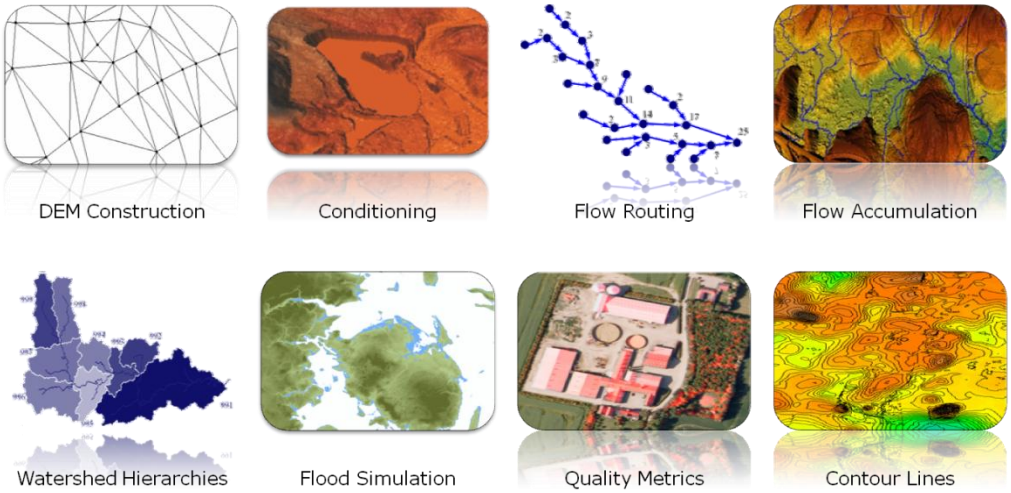


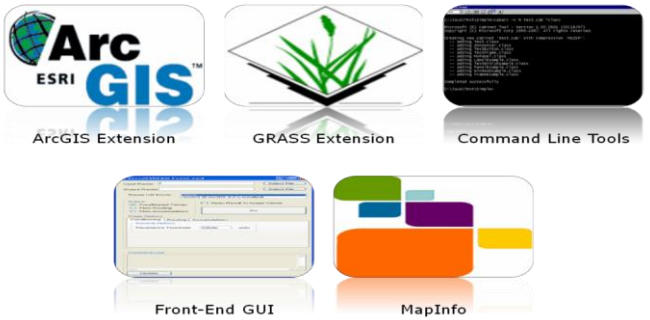


Oversvømmelse af Danmark

TerraStream Terræn Software

- Skalerbar, generelt, porterbar, håndtering af datafejl
- Pipeline af massive terræn data processerings software

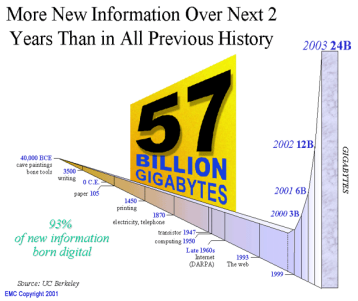




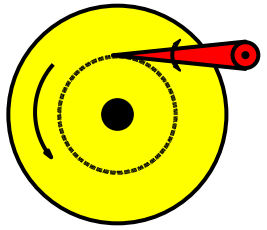
Demo: www.madalgo.au.dk/~thomasm/floodmaps/?extra=d2m

Opsummering

- Massive datamængder forekommer overalt

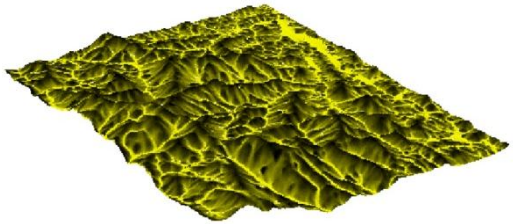


- Medfører skaleringsproblemmer
  - pga. hierarkisk hukommelse og langsom I/O



- I/O-effektive algoritmer giver en signifikant forbedring af skalerbarhed

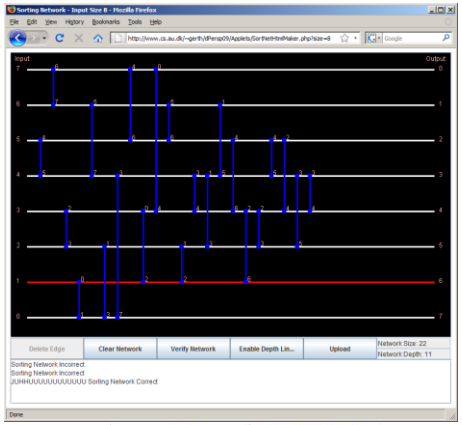
- Nyt forskningscenter fokuserer på algoritmiske emner inden for massive data

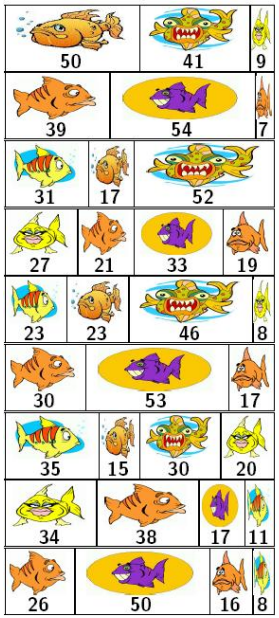


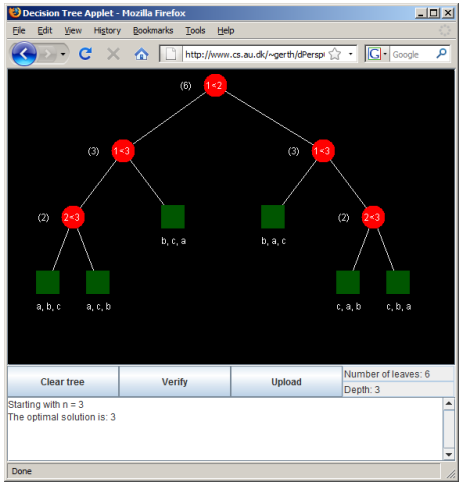
Vidensspredning

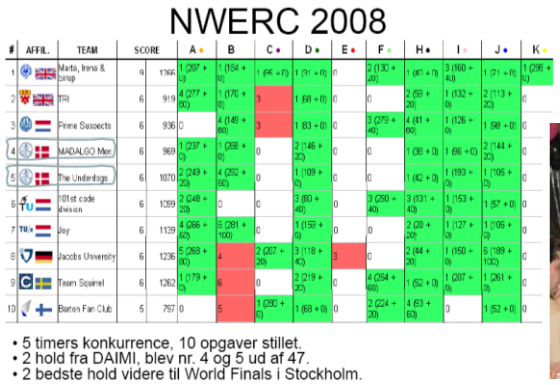
Vidensspredning

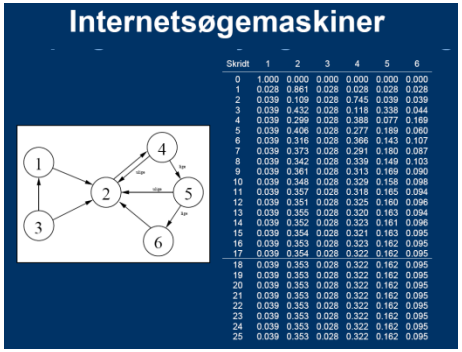
- Folkeskolepraktik
- Gymnasiepraktik
- UNF foredrag om internetsøgemaskiner
- ACM programmeringskonkurrence
- Perspektiverende datalogi kursus











Tak *!*

Spørgsmål, hvad nu?