

# Digitale tvillinger. Hva er de? Hvordan kan de brukes?

David Cameron  
SIRIUS senter for forskningsdrevet innovasjon  
Universitetet i Oslo

NTVA, Stavanger  
11. mars 2020

# SIRIUS: Et senter for forskningsdrevet innovasjon

Universiteter og  
forskningsinstitutter



UiO : **University of Oslo**



DEPARTMENT OF  
**COMPUTER  
SCIENCE**



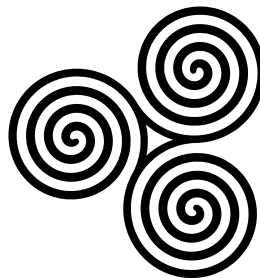
**NTNU**

Norwegian University of  
Science and Technology

**simula**



**SINTEF**



Industrielle sluttbrukere

**Schlumberger**



**TechnipFMC**



**AkerSolutions**



**DNV GL**



**equinor**

**aibel**



**BOSCH**

8 år

15 partnere

3 universiteter

2 institutter

20+ stipendiater

45 + medarbeidere

250 millioner kroner

**KADME**

Knowledge and data management expertise



**OSIsoft.**



**NUMA SCALE**  
MULTI-SCALE ANALYTICS



**computas**

IKT-leverandører



# Hypen om digitale tvillinger





# Sannheten?



# Litt om meg selv

1982

1986

1988

1993

2000

2007

2011

2013

2015

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                      |                                                                                                               |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                        |                                     |                              |                                                                                        |                                                                                      |                      |  |                            |
| <p>Kjemiteknikk. Lærling i stålindustrien. Avhandling om de fysiske egenskapene av blandinger mellom olje og kullsyre.</p> | <p>Simulering og sanntids-systemer for masovner. Nye metoder for stål-produksjon.</p>  | <p>Dynamisk data-avstemning ved hjelp av prosess-simulatorer. Anvendelse av Kalman-filtre på kjemiske prosesser.</p> | <p>Simulering og optimalisering for anlegg som produserer gjødsel, lettmetaller, kjemikalier og polymere.</p> | <p>Simulatorer for olje og gass anlegg. Avansert regulering. Sanntids-simulatorer</p>  | <p>Virtuell strøm-måling og sanntids-systemer for komplekse undersjøiske anlegg</p>  | <p>Tekniske forretnings-relaterte konsulent-tjenester. Fagekspert i prosess-industri, olje og gass.</p> | <p>Forretnings-utvikling innen olje og gass, energi og industri.</p>                | <p>Senter for skalerbar datatilgang. Forsknings-entreprenør og oversetter mellom forskning og forretning.</p> |
|                                           |                                                                                        |                                     |                              |  <p>PENTIUM 4 1GB 40GB WIN XP 2.6GHz 10GB HDD PRO</p>                                  |                                                                                      |                      |  |                            |

# Hva er en digital tvilling?

“En **integrert**, **multifysisk**, **multiskala**, **probabilistisk** simulering av et utbygd system, ... som bruker de beste tilgjengelige **modeller**, **målt informasjon**, **og inndata** til å **gjenspeile** og **prediktere** oppførsel og ytelse **over hele livsløpet** til simuleringens fysiske tvilling”

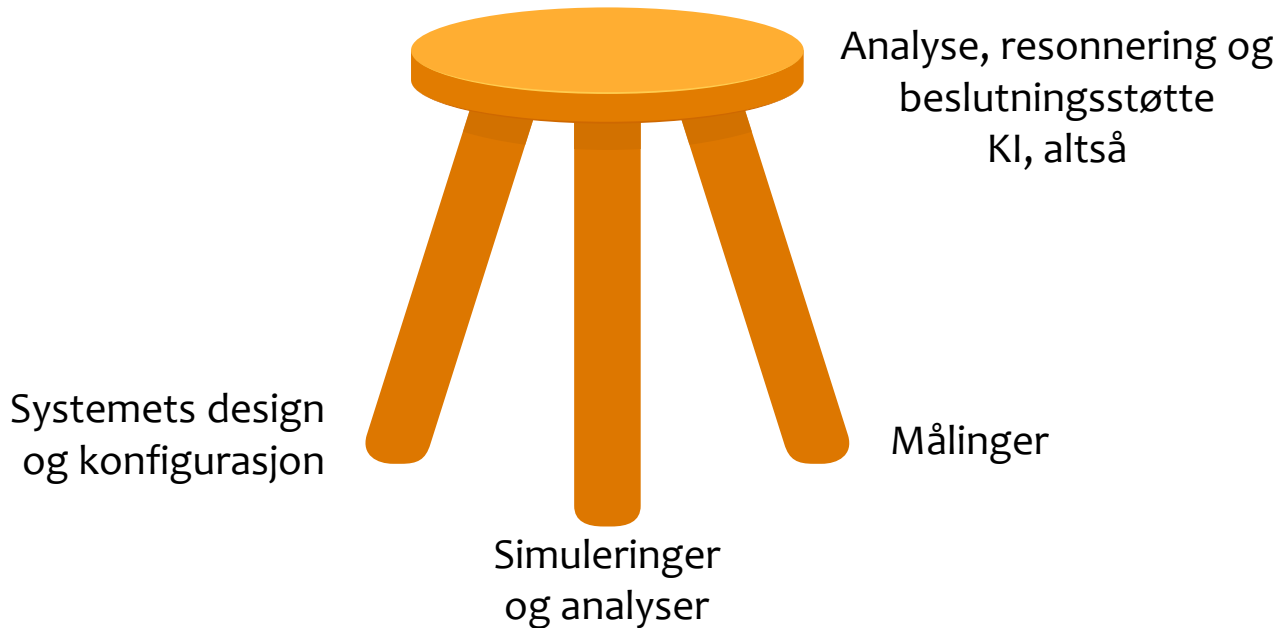


[www.dau.mil/glossary/pages/3386.aspx](http://www.dau.mil/glossary/pages/3386.aspx)

# Et konseptuelt rammeverk for tvillinger

Brukere med forskjellige roller og interesser

Det beste estimatet av systemets tilstand





# Det finnes mange ubalanserte tvillinger på markedet

## **Systemets design og konfigurasjon**

3D visualisering ute i anlegget

## **Målinger**

Lettbrukelige systemer for  
visualisering av sanntidsdata

Glorifisert SCADA-system

## **Simuleringer og analyser**

Frakoblede simulatorer som brukes  
til driftsstøtte og operatørtrening

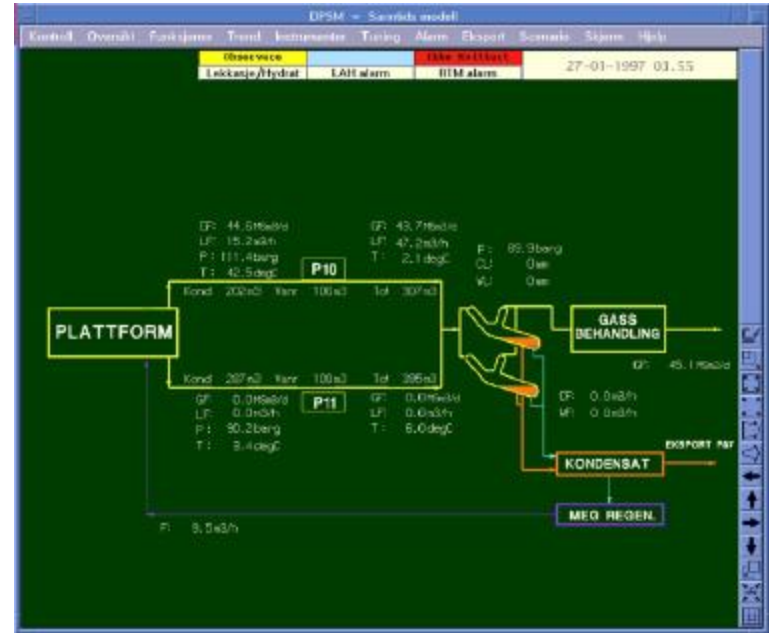
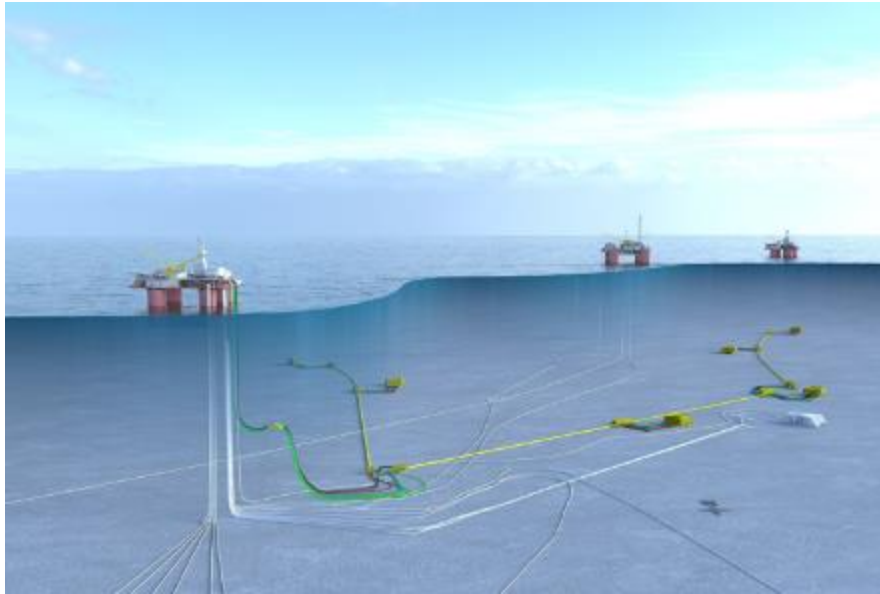


Slike  
systemer er  
til stor nytte,  
men vi kan  
forvente mer  
når vi får  
målinger,  
designer og  
modeller til å  
spille  
sammen med  
hverandre

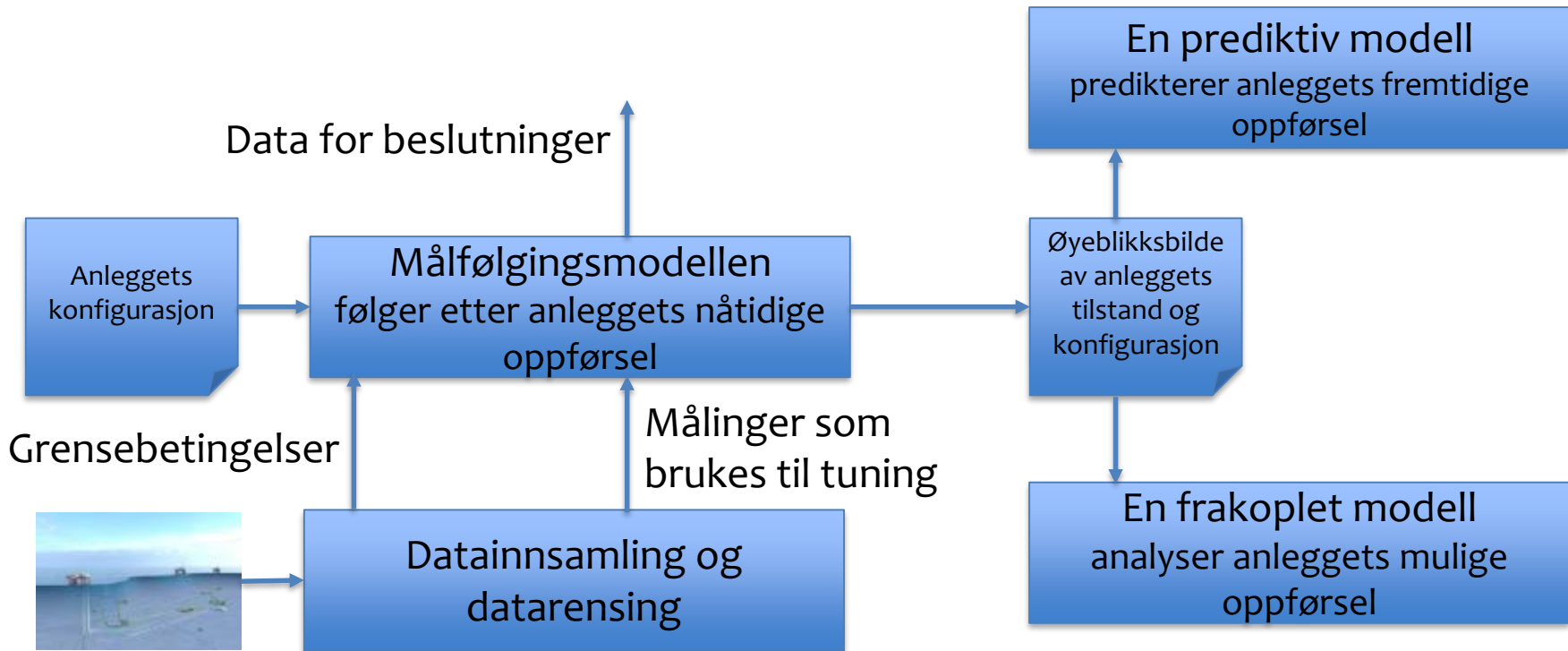




# En suksesshistorie: flerfase transport i rør



# Hvordan fungerer flerfase tvillingen?



# Modne kommersielle tvillinger



Tilkoblede flerfasesimulator for drift av  
rørledninger og undersjøiske anlegg



Brukervennlige portaler og plattformer  
for visualisering og analyse av  
sanntidsdata fra ett eller flere anlegg

# Innovative kommersielle tvillinger



Tilkoblede simulatorer for drift av et helt anlegg



Tilkoblede simuleringer av strukturer, slik som vindmøller, stigerør og bæreelementer



3D-visualisering av designet satt i kontekst med det virkelige anlegget

# Tvillinger i fremtiden

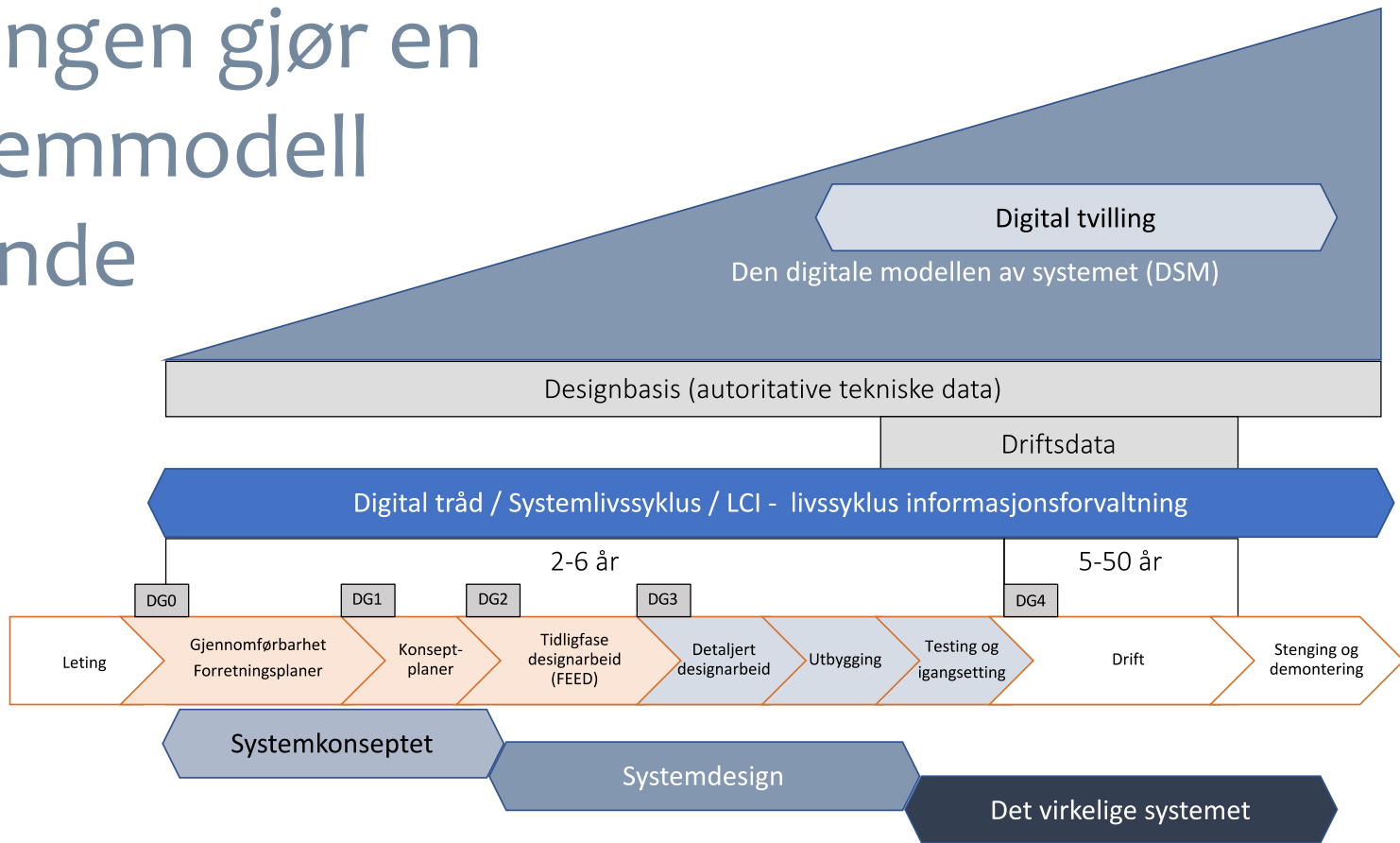


Tilkoblede simulatorer for drift av et helt oljefelt



En livssyklus tvilling av et anlegg. Anleggets design digitaliseres og blir brukt – sammen med simuleringer og måledata – til å effektivisere innkjøp, utbygging, igangsetting og drift.

# Tvillingen gjør en systemmodell levende



# Hva står i veien for visjonen av fremtidige digitale tvillinger?

- Forretningsmodeller, sikkerhet og fortrolighet
- Arbeidspraksiser
- Omfang
- Brukelighet
- Integrasjon
- Vedlikehold
- Regnekraft
- Usikkerhet, validering og datavitenskap

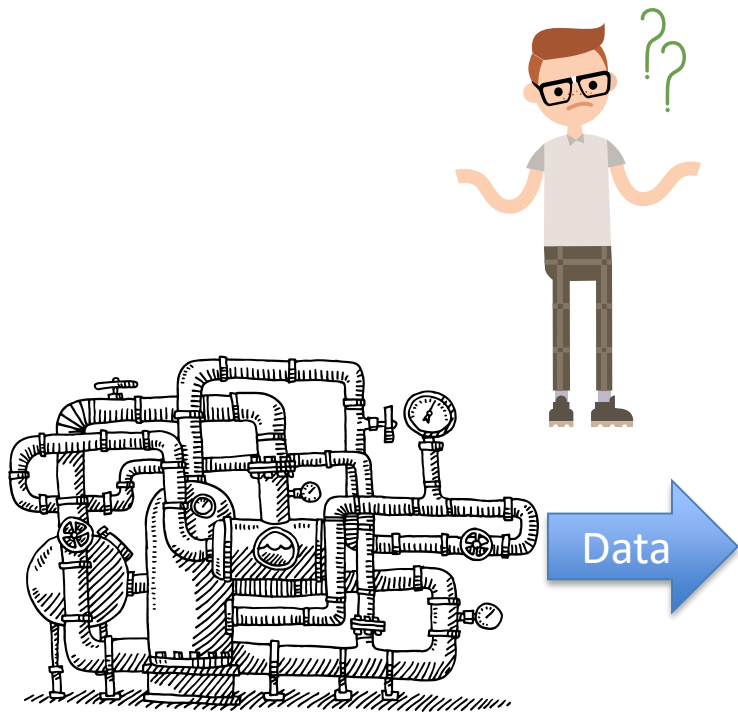


# Plattformer

- Hvem sin plattform?
- Hvem sine data?
- Plattformer som siloer?
- Suverenitet, eierskap og integritet?
- Sikkerhet?
- Ytelse?
- Samspill?



# Datasjøenes utfordring



# Hvordan et oljefelt utvikles nå til dags

## Driftsprosedyrer

Krav fra  
myndig-  
hetene

Krav fra  
selskapet

Krav fra  
partnere



Drift, vedlikehold og  
modifikasjoner



## Kravspesifikasjoner

Design



Designbasis

Utbygging  
og  
igangsetting



Som bygget

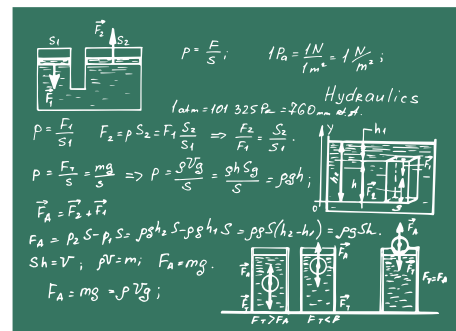
Digital  
tvilling

Anlegget

# Semantikk (betydningslære)

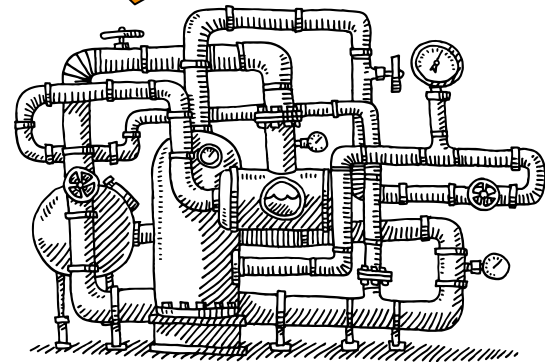
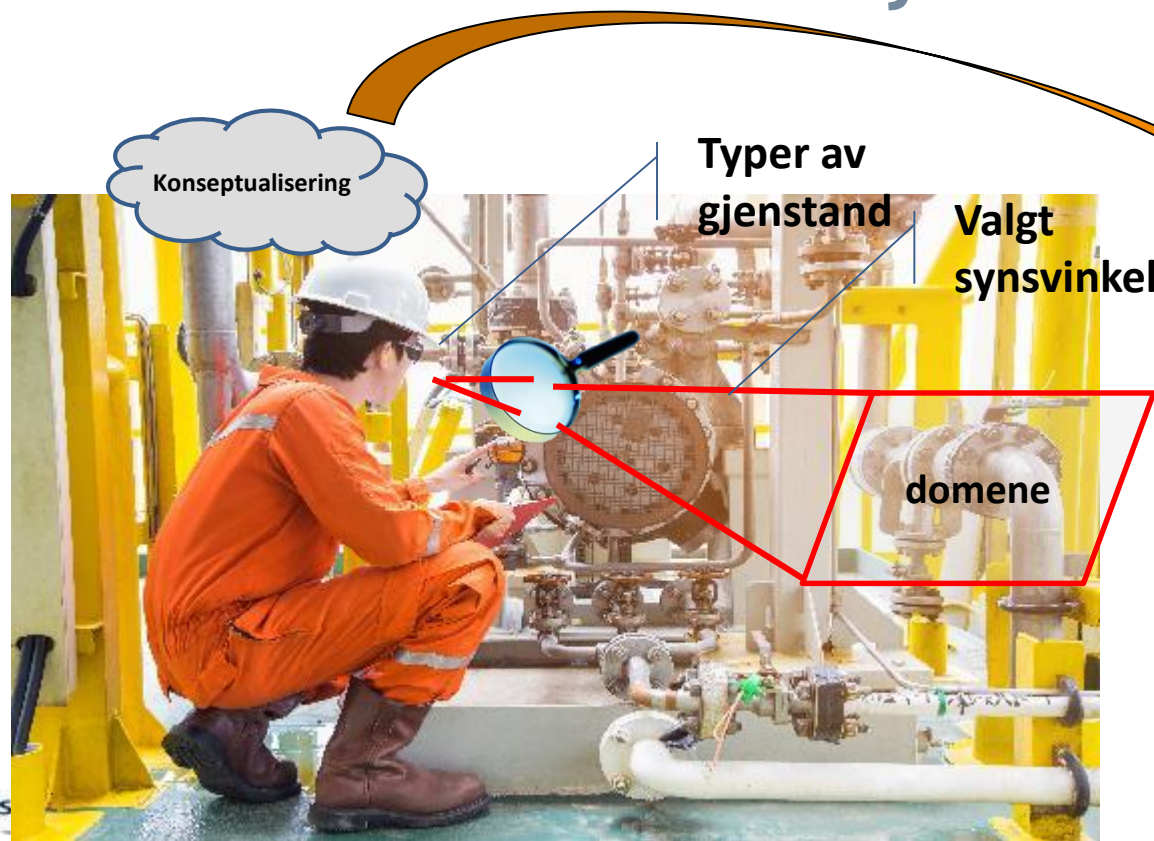
- Læren om språklige uttrykks betydningsinnhold.
- Tar for seg relasjonene mellom begreper: ord, fraser, tegn og symboler, og hvordan de forholder seg til virkeligheten.

Hva betyr ordet «modell»?



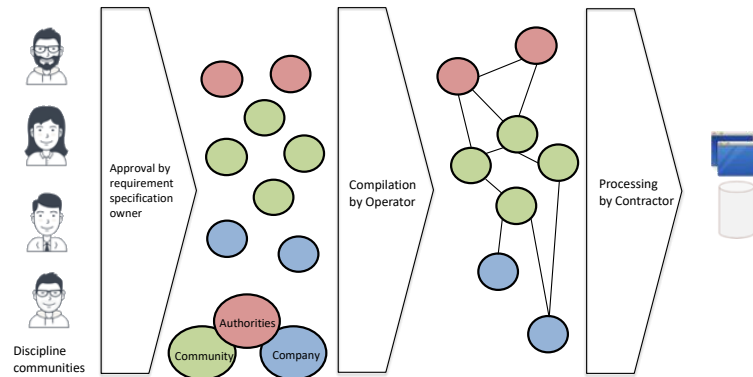
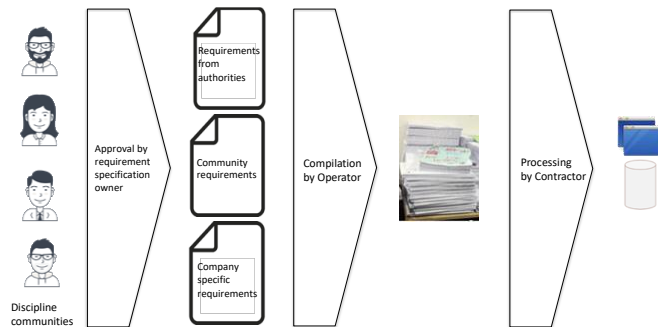


# Semantikk i datasystemer



Kilde: Mara Abel, UFGRS  
Bilder: iStock.

# Digital Feltutvikling



## Industriens smertepunkter:

- Kravspesifikasjoner er tekstdokumenter som må tolkes ved hjelp av manuelt arbeid.
- Anleggsinformasjonen er låst inn i et hundretalls forskjellige fagapplikasjoner.
- Mye informasjon går tapt under overlevering fra en prosjektfase til en annen.

## Krav som digitale gjenstander

- Fra dokumenter til strukturert data
- Objekter for alle faser i systemets livssyklus (f.eks. design, fabrikasjon, vedlikehold)
- Krav blir til regler som styrer anleggsmodellen
- Verifisering av samsvar med krav blir automatisk
- Overlevering blir til deling av informasjon



# Et forskningsprogram for digitale tvillinger



# SIRIUS' forskningsprosjekter

Språkteknologier som forstår  
fagspråk

Visuelle, semantiske spørreverktøy  
for systemer som integrerer data  
fra flere kilder

Verktøy for å lage  
og vedlikeholde  
semantiske  
modeller

Verktøy og metoder for å gjøre bruk av  
tidsseriedata i maskinlæring lettere

Felles semantiske  
modeller som  
beskriver anlegg,  
systemer, utstyr  
og krav

Simuleringer og analyser av komplekse  
cyberfysiske systemer: logistikk,  
igangsetting og dataskyer





# PeTWIN: Digitale tvillinger av hele oljefelter for styring og optimalisering av produksjon

Petromaks/FINEP prosjekt: 2020-2023

28M kr prosjekt støttet av Norges forskningsråd, FINEP, Equinor, Shell  
og Petrobras



UiO : University of Oslo



With funding from  
**The Research  
Council of Norway**



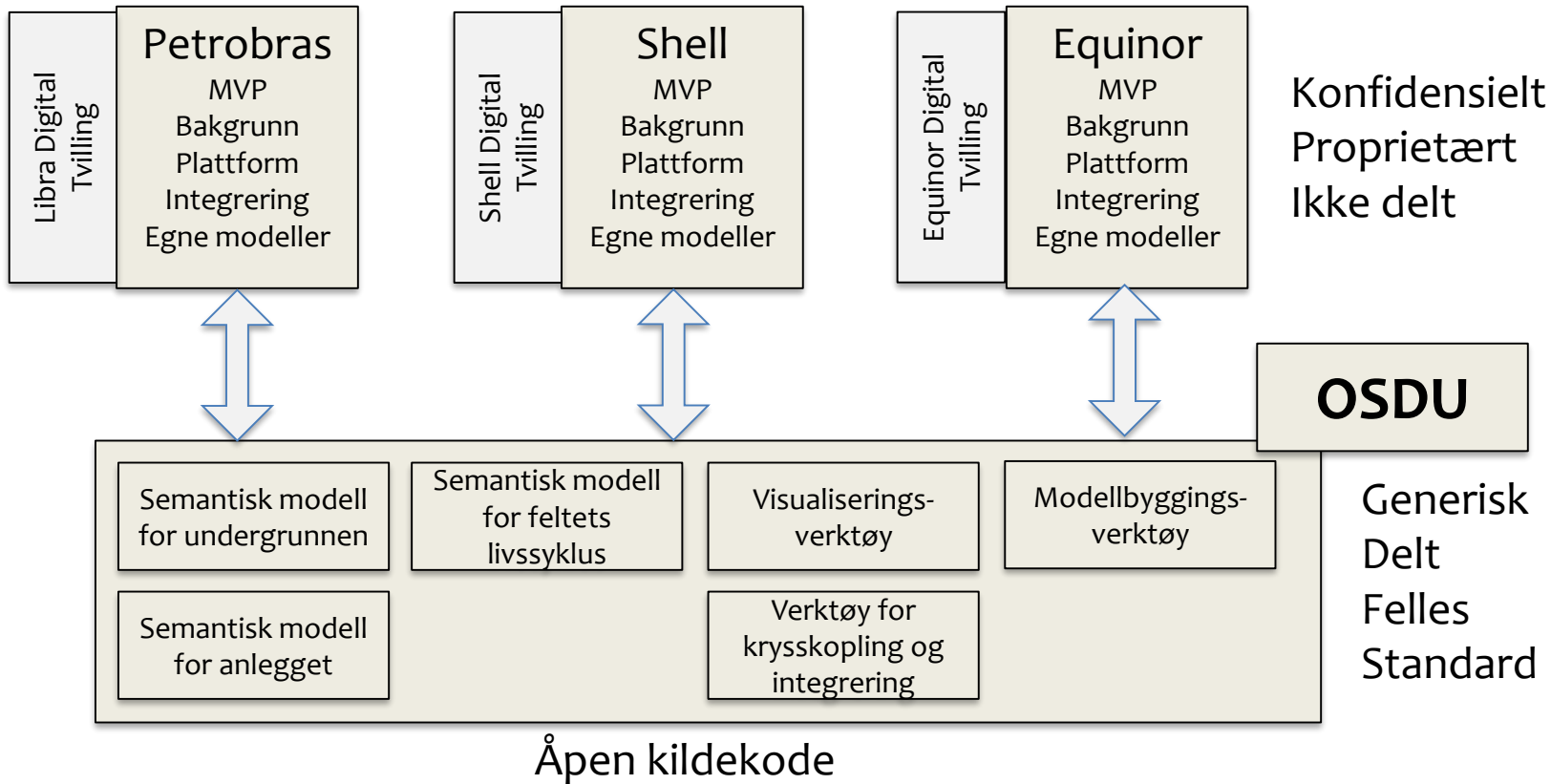
equinor



**PETROBRAS**



## Deling av erfaring og beste arbeidspraksis





# En semantisk modell av undergrunnen

The screenshot displays the Sirius Semantic Model interface, which is used for modeling geological data. It consists of three main parts:

- Class Hierarchy (Left):** A tree view showing the relationships between different geological concepts. The hierarchy starts with 'GeologicalThing' at the top, branching into 'GeologicalStructure', 'GeologicalTime', 'GeologicalEvents', 'GeologicalObject', 'Contact', 'Location', 'Measurement', and 'Scale'. Each category contains a list of specific geological features.
- Feature Table (Top Right):** A table showing the relationships between different geological features. The columns are 'Shape', 'Predicate', and 'Object'. The table lists features like 'East Shetland Platform', 'Viking Graben', 'Horda Platform', 'Lyell field', 'Trul field', and 'Upper Jurassic SR'.
- Geological Cross-section (Bottom Right):** A diagram showing a cross-section of the subsurface. It includes labels for various geological features such as 'East Shetland Basin', 'Viking Graben', 'Horda Platform', 'Lyell', 'Trul', 'Upper Jurassic', 'Lower Jurassic', 'Permian', 'Carboniferous', 'Devonian', 'Silurian', 'Ordovician', 'Cambrian', 'Pre-Cambrian', 'Basement', 'Seismicity', 'Faults', 'Folds', 'Structures', 'Geological Structures', 'Geological Time', 'Geological Events', 'Geological Object', 'Contact', 'Location', 'Measurement', and 'Scale'. The diagram shows the spatial distribution of these features and their relationships.

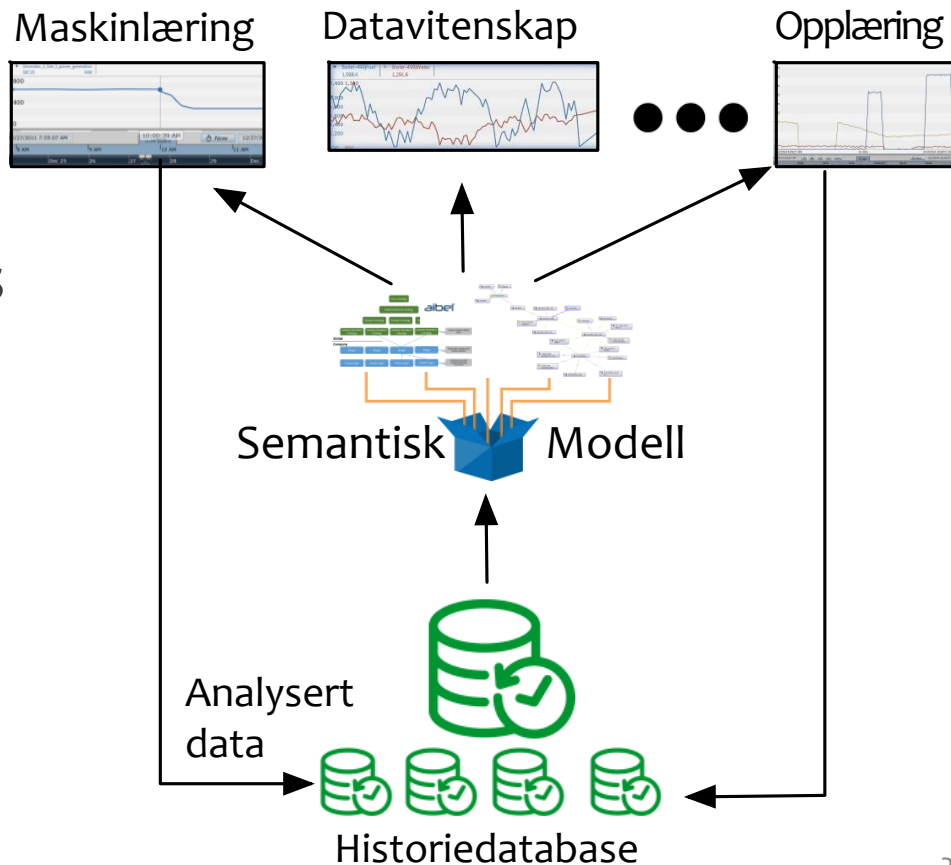
A blue arrow labeled 'Type of feature' points from the 'GeologicalStructure' class in the hierarchy to the 'Trul field' entry in the feature table.

# Semantisk integrering av tidsseriedata

## Semantiske modeller:

- Danner et enhetlig, felles formidlingslag mellom data og anvendelser
- Kan ofte finnes allerede
  - ISO15926
  - JIP36 CFIHOS
  - JIP33
  - OPC-UA

Wide audience, open-ended use



# Takk skal du ha!

[www.sirius-labs.no](http://www.sirius-labs.no)

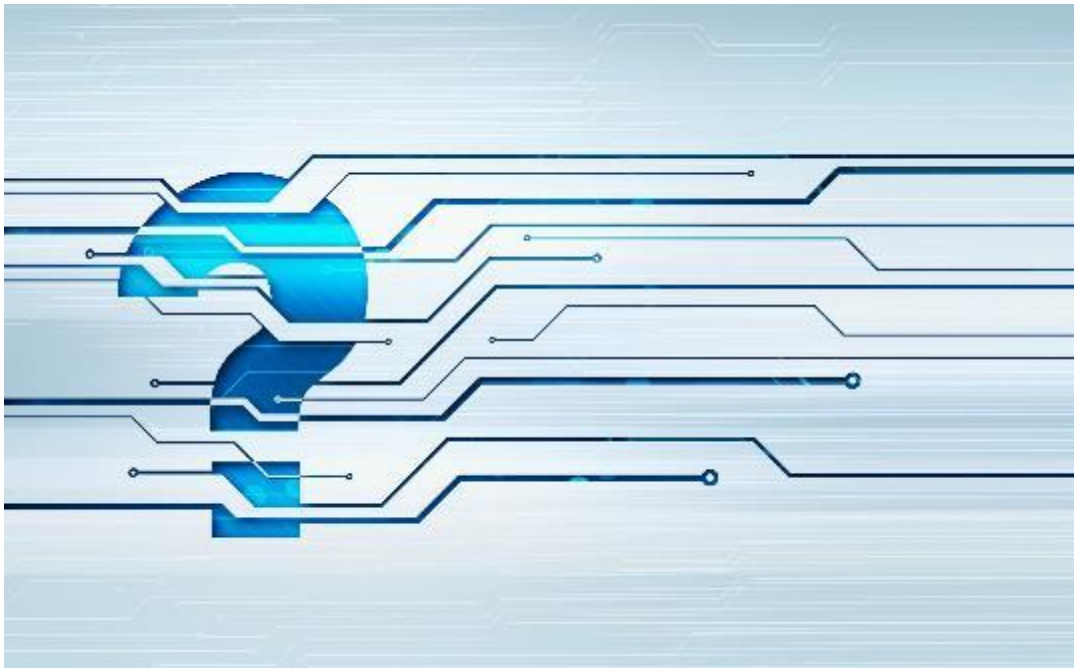
8th Floor, Ole-Johan Dahls hus,  
Gaustadaléen 23B, 0373 Oslo,  
Norway

## Contact

Arild Waaler, Director,  
[arild@ifi.uio.no](mailto:arild@ifi.uio.no)

David Cameron, Coordinator,  
[davidbc@ifi.uio.no](mailto:davidbc@ifi.uio.no)

Lise Reang, Admin. Manager,  
[liserea@ifi.uio.no](mailto:liserea@ifi.uio.no)





Tilleggsmateriale

# UTFORDRINGER MED Å TA DIGITALE TVILLINGER I BRUK

# Forretningsmodeller, sikkerhet og fortrolighet

- Kan tvillinger muliggjør nye forretningsmodeller?
  - Nye måter å drive innkjøp, ingeniørarbeid og drift.
  - Utfordringene er kommersielle og avtalerelaterte.
- Sikkerhet og fortrolighet
  - Tvillinger bringer alle data sammen. Man må forsikre rollebasert tilgang.
  - Det må sikres flere forskjellige systemer som er koblet til tingenes internett.
  - Vi må finne måter til å dele data og fordeler på en rettferdig måte, uten å drive kartellvirksomhet.

# Arbeidspraksiser

- Håndfaste og målbare forbedringer i arbeidet for ledere, teknikere og operatører.
- Sikkerhet og tilgjengelighet må være prioritert over alt annet.
- Systemet må hjelpe, og ikke hindre, arbeidere i utførelsen av sine arbeidsoppgaver.



# Omfang

- Et system som prøver å dekke alt, kommer ikke til å gjøre noe på en tilfredsstillende måte.
- Man må bygge inn akkurat nok funksjonalitet, og ikke mer en det: Shell's ALOS: *Appropriate Level of Smartness*
- Systemet og modellene må dekke flere presisjonsnivåer og tidskonstanter:
  - Kompressor (ms), brønner og rør (dager), reservoar (uker).

# Brukelighet

- Alle dataene er tilgjengelige!
- Men jeg må vasse gjennom store mengder med ikke relevante data!
- Hvordan kan jeg få tak i bare dataen jeg trenger?
  - Som driftssjef, operatør, proessingeniør, instrumentingeniør osv.

# Integrasjon

- Hvordan unngår vi marerittet med punkt-til-punkt koblinger?
- Alle leverer en plattform. Alle ønsker å ta styring og bli den som har kontroll over data.
- En tvilling må kunne integrere flere plattformer og gamle, eksisterende datakilder.

# Vedlikehold

- Vi trenger enkle verktøy for å bygge og vedlikeholde digitale tvillinger.
- Systemet må vedlikeholdes gjennom hele livsløpet av anlegget. Tvillingen må oppdateres slik at den gjenspeiler alle modifikasjoner og endringer i anlegget.
  - Et slik vedlikeholdsprogram er lett å forsvare hvis det gjelder en kompressor. Vi må lære oss å behandle programvaresystemer som kritisk utstyr.

# Regnekraft: grensekant og sky

- Store systemer, komplekse modeller og optimaliseringsberegninger krever stor regnekraft
- Tvillingene implementeres i en hybrid, heterogen sky.
- Denne implementeringen må kunne bli designet og verifisert.

# Usikkerhet, validering og datavitenskap

- Både målinger og modeller tar feil.
- ... Og anlegget kan feile også.
- Modeller må tunes for å kunne følge anleggets oppførsel.
  - Parametere må estimeres.
- Målinger må bli validert, rensset og avstemt.
- Dette utgjør et fruktbart forskningstema for datavitenskap.
  - Maskinlæring kan håndtere denne usikkerheten når metode kombineres med fysiske modeller.