

Web-basert OpenLab Drilling simulator:

Erfaringer, status og muligheter ved bruk av maskinlæring og automatisering

Erich Suter

Post.Doc. NORCE

Produksjon på norsk kontinentalsokkel

- “Boring av nye brønner er det **viktigste enkelttiltaket for å øke utvinningen**. Det er derfor viktig at nye boremaal hele tiden identifiseres og brønner bores”

Ingrid Sølvberg, direktør for utbygging og drift i Oljedirektoratet.

Petro.no - 12. juli 2018



OG21 Report: Risk Assessments and Impact on Technology Decisions, October 31, 2018.

Norsk petroleumsindustri er for forsiktige med å ta i bruk ny teknologi

Industrien må utvikle, kvalifisere, og ta i bruk ny teknologi raskere enn tidligere. Dette er konklusjonen i en ny rapport fra OG21.

Rapporten ble nylig presentert på OG21s årlige forum.

Betydelige kostnadskutt har gjort at norsk sokkel i dag er konkurransedyktig. Teknologi er viktig for at norsk sokkel skal være fortsette å være konkurransedyktig med lave kostnader og lave klimagassutslipp. Mye god teknologi utvikles av norske leverandører, men oljeselskapene er for treige til å ta den i bruk. Det går ut over framtidig konkurranseevne, og det fører til milliardtap for samfunnet og bedriftene.

Dyrt å bore brønner:
brønnskostnader utgjør
30-50% av totale
utbyggingskostnader for
et felt



Christina Johansen. Fungerende styreleder OG21
(Foto: Thomas Keilman)



- Forskningsrådet er opptatt av problemstillingen. Vi investerer mye i teknologiutvikling i petroleumsindustrien, og dette må komme til anvendelse så tidlig som mulig. **Forskningsrådet stiller seg derfor bak tiltakene som foreslås for raskere teknologiopptak**, sier Fridtjof Unander, områdedirektør for ressursnæringer og miljø i Norges forskningsråd.



- Forskningsrådet stiller seg derfor bak tiltakene som foreslås for raskere teknologiopptak, sier Fridtjof Unander, områdedirektør for ressursnæringer og miljø i Norges forskningsråd. (Foto: Sverre Chr. Jarild)

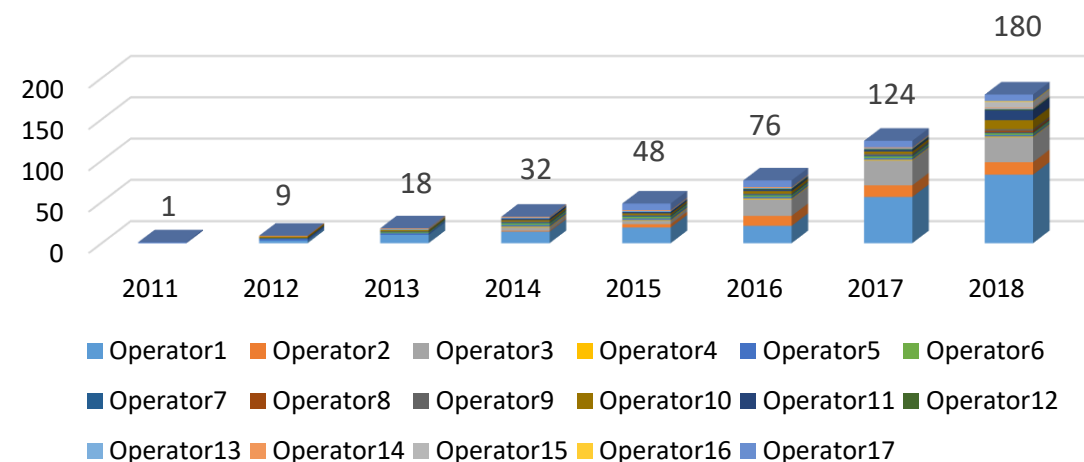
“Tekniske sidetracks”

- Et uttrykk for “nedetid”
 - Kan unngås
- I perioden 2013-2016
 - 176 sidetracks i 558 brønner (31,5%)
- Kostnad for hver sidetrack: 7.5 Mill USD

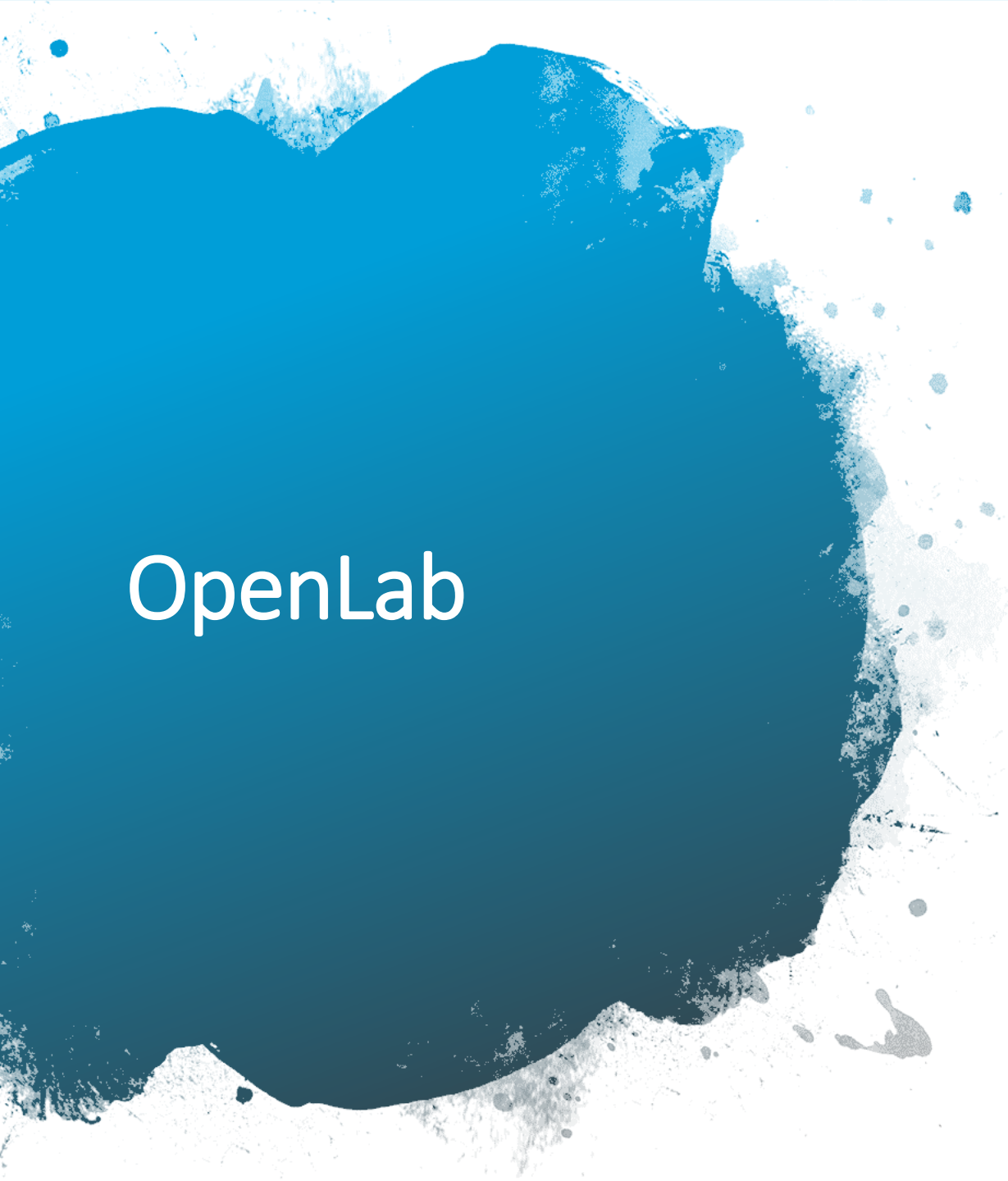
Brønner boret med “app” for sanntid beslutningsstøtte:

- Brukt i 180 brønner siden 2011
 - Kun 16 tekniske sidetracks: 8,9%
- **Statistisk sett: 41 tekniske sidetracks ble unngått, og store kostnader ble spart**
- Rimelig å anta at “app’en” spiller en rolle

Brønner boret med en «app» for beslutningsstøtte i sanntid (2011 - 2018)



- Teknologitvutvikling kan være svært lønnsomt
 - 41 færre sidetracks ≈ 250 mill NOK
- Det tar tid å utvikle og bevise ny teknologi



OpenLab

- Software infrastruktur for boring
- Mål: å forenkle utvikling, kvalitetssikring og anvendelse av ny teknologi for boring av nye brønner



OPENLAB
DRILLING

Hvorfor: akselerere utvikling av teknologi og utdanne studenter innenfor automatisert boring

Hva: infrastruktur for utdanning, forskning og innovasjon for digital boring

Hvordan: realistisk simuleringsmiljø for boring - unik integrasjon av fysisk og virtuelt miljø

NORCE

University
of Stavanger

Forskningsrådet

Infrastrukturprosjekt 2015-2019

Undervisning endres

grunnsteknologi i Equinor, har deltatt som en av syv bransjerepresentanter i BRU21-prosjektet.

– I fremtiden må vi produsere olje og gass med et lavere CO₂-fotavtrykk. Det krever mer tverrfaglig tenkning. Det vil også være behov

for å kunne utnytte de enorme mengder med data vi er i ferd med å skaffe oss, sier hun.

Hun mener at fremtidens petroleumsstudent trenger mer tverrfaglig forståelse enn tidligere, og inneha en blanding av digital kompetanse og sterk kjernekompetanse.

FOKUS PÅ PROGRAMMERING

Petroleumsutdanningene ved universitetet i Stavanger har allerede begynt å gjøre alvor av endringsbehovet. Øystein Arild, instituttleder ved energi- og petroleumsteknologi på UiS, sier endringene på deres utdanninger går langs to akser; de har tilpasset seg selskapene sine fokusområder, og at de nå også favner energi og miljøaspekter knyttet til petroleumsvirksomhet.

I tillegg fokuserer petroleumsutdanningene

– Vi samarbeider med bedrifter som lager use cases og som på den måten legger en retning for forskningen vår, sier Jon Kleppe, professor i petroleumsteknologi ved NTNU.

For å sikre at også masteroppgaver blir rele-

vante for næringslivet, vil minst to masterstudenter hvert år knyttes til hver doktorgradskandidat.

– Automatisering og digitalisering av petroleumindustrien er prioriterte fors-

kningsområder. For eksempel er automatisering av seismisk tolkning og boring viktige fokusområder. Dette bør kunne foregå automatisk, for boring er noe av det dyreste som kan foregå på norsk sokkel, sier Jon Kleppe.

PETROLEUMSKYBERNETIKK

NTNU ønsker også å gjøre petroleumstuden-
tene sine mer tverrfaglige. Å øke den digitale kompetansen hos studentene er særlig viktig, og instituttet har opprettet et nært samarbeid med

Undervisningen har blitt mer lagt til rette for å gi studentene datakunnskaper.

ANDREAS LERVIK, STUDENT,
PETROLEUMSTEKNOLOGI



Etikk: Instituttleder Egil Tjøland ved geovitenskap og petroleum på NTNU og professor i petroleumsteknologi Jon Kleppe mener at framtidens petroleumsutdanninger må ha fokus på etiske perspektiver i olje- og gasebransjen.

- Utdanningsprogrammer endres
 - Gir studentene i petroleumsfag forbedret IT-kompetanse
 - Viktig med **både** domenekunnskap og IT
- Denne utviklingen skjer både nasjonalt og internasjonalt
- OpenLab gir studenter enkel tilgang til et avansert boresimuleringsmiljø

WEB-basert utvikling og kvalifisering av ny teknologi



<https://openlab.app/>



Avansert brønnsimulator

utviklet gjennom 30 år i NORCE (verdensledende forskningsmiljø innen boring)

- Sanntidssimulering av tilstanden i brønnen
- Prediksjon av uønskede hendelser (sikkerhet, redusere kostnader)

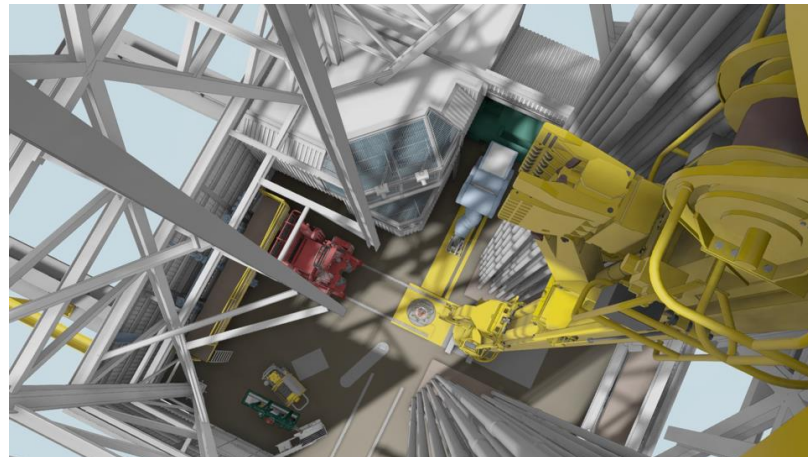
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} - \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = 0$$

$$P^* = P + \frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{B}}{2}$$

$$E = P/(\gamma - 1) + \frac{\rho(\mathbf{v} \cdot \mathbf{v})}{2} + \frac{\mathbf{B} \cdot \mathbf{B}}{2}$$

Testing i et relevant miljø

- Simuleringer for et stort utvalg av mulige scenarier
- 3D visualisering av boredekket



Full-skala testing på Ullrigg

(NORCE's borerigg for testing og utvikling - mest avanserte i verden)

- Bore- og brønnoperasjoner i en ekte borerigg
- Kombinert med simulerte data fra virtuelle brønner
- Demonstrasjon av ny teknologi
- Studier av arbeidsprosesser og menneskelige faktorer

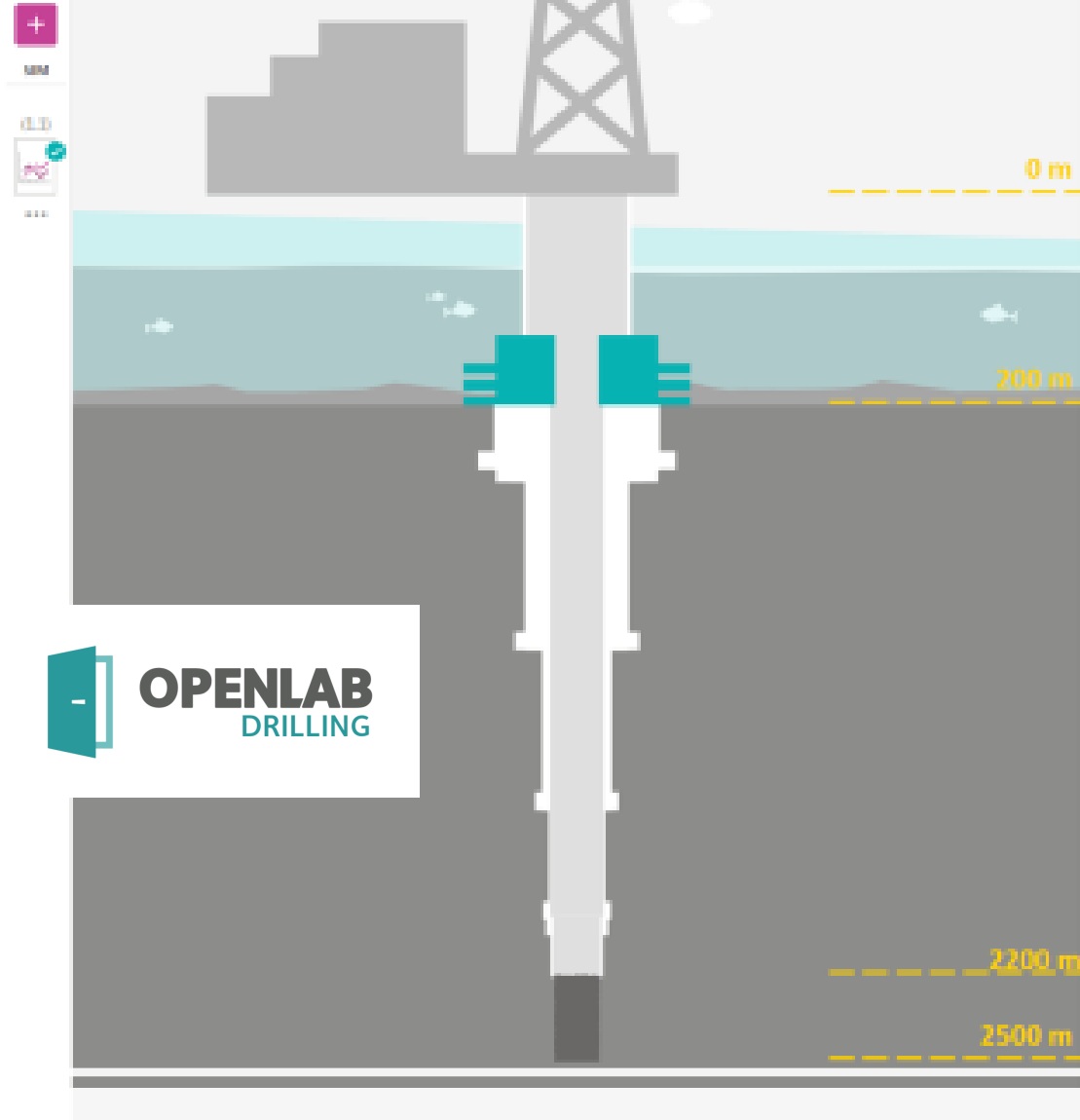


Installering offshore

NORCE

University of Stavanger

Forskningsrådet



Riser

Type	From depth (m)	To depth (m)	OD (in)	ID (in)
Riser	0	200	21	19

Casings

OF SETS

#	Type	Hanger depth (m)	Shoe depth (m)	OD (in)	ID (in)
1	Casing	200	422	32	30 1/2
2	Casing	200	468	26	25
3	Casing	200	1055	20	18 1/2
4	Casing	200	1616	18 1/2	12 1/2
5	Casing	200	2000	10 1/2	9 1/2
6	Casing (Riser)	1995	2200	9 1/2	9

+ Add

Open Hole

Type	From length (m)	To length (m)	Length (m)	Open hole diameter (in)
Open Hole	0	2200	2200	9 1/2

For nybegynnere: enkelt og intuitivt brukergrensesnitt - lett å ta i bruk

For eksperter: mulig å tilpasse f.eks. casing design, brønnbane, borevæske, formasjonsegenskaper og spesielt utstyr på riggen

OpenLab for Python (også Matlab, C#)



```
1 import openlab
2
3 configuration_name = "North Sea Horizontal"
4 simulation_name = "Kick Simulation"
5 initial_bit_depth = 2500 # meters
6
7 session = openlab.http_client()
8 session.create_simulation(configuration_name, simulation_name, initial_bit_depth)
9
```

```
11 for i in range(1, 300):
12     |   sim.step(i)
13     |   sim.get_results()
14
15 sim.stop()
16 print(sim.results)
```

```
4 #PI controller settings
5 kp = 0.015
6 ki = kp/10
7 ts = 1
8 referenceBHPPressure = 380 * 100000 # bar -> Pa
9 initialChokeOpening = 0.25 # closed:0, open:1
10 pi = openlab.piController.Controler(kp, ki, ts, referenceBHPPressure, initialChokeOpening)
```

Python gjør det enkelt å bruke andre programbiblioteker, f.eks. for maskinlæring

Enda enklere å kjøre simuleringen!

(Kun få kodelinjer)

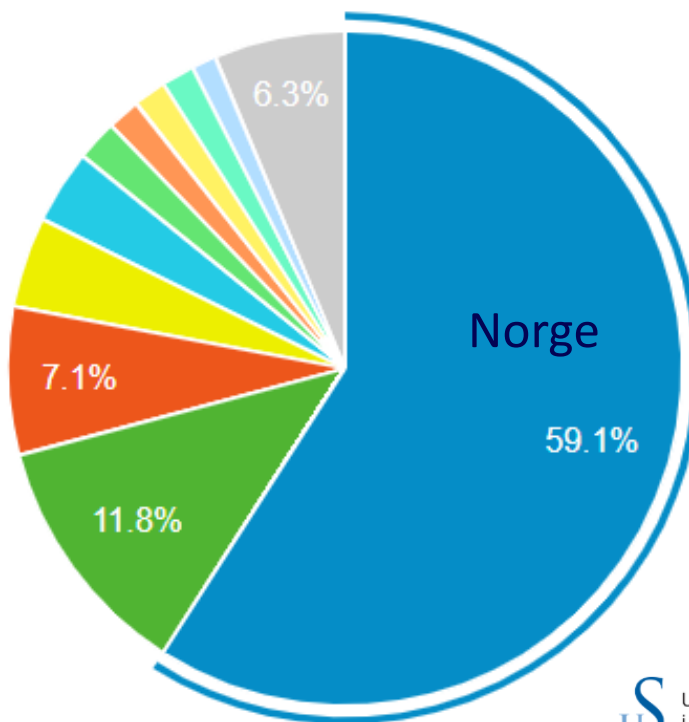
Avanserte brukere kan kontrollere simuleringsparametrene

Allerede 40% internasjonale brukere



August 2018 – Mars 2019

1.  Norway
2.  United States
3.  Canada
4.  Denmark
5.  India
6.  Germany
7.  Australia
8.  China
9.  United Kingdom
10.  Brazil



Brukere fra både universiteter og industri



North Sea Horizontal [v1] / Sequence Simulation [1.2]

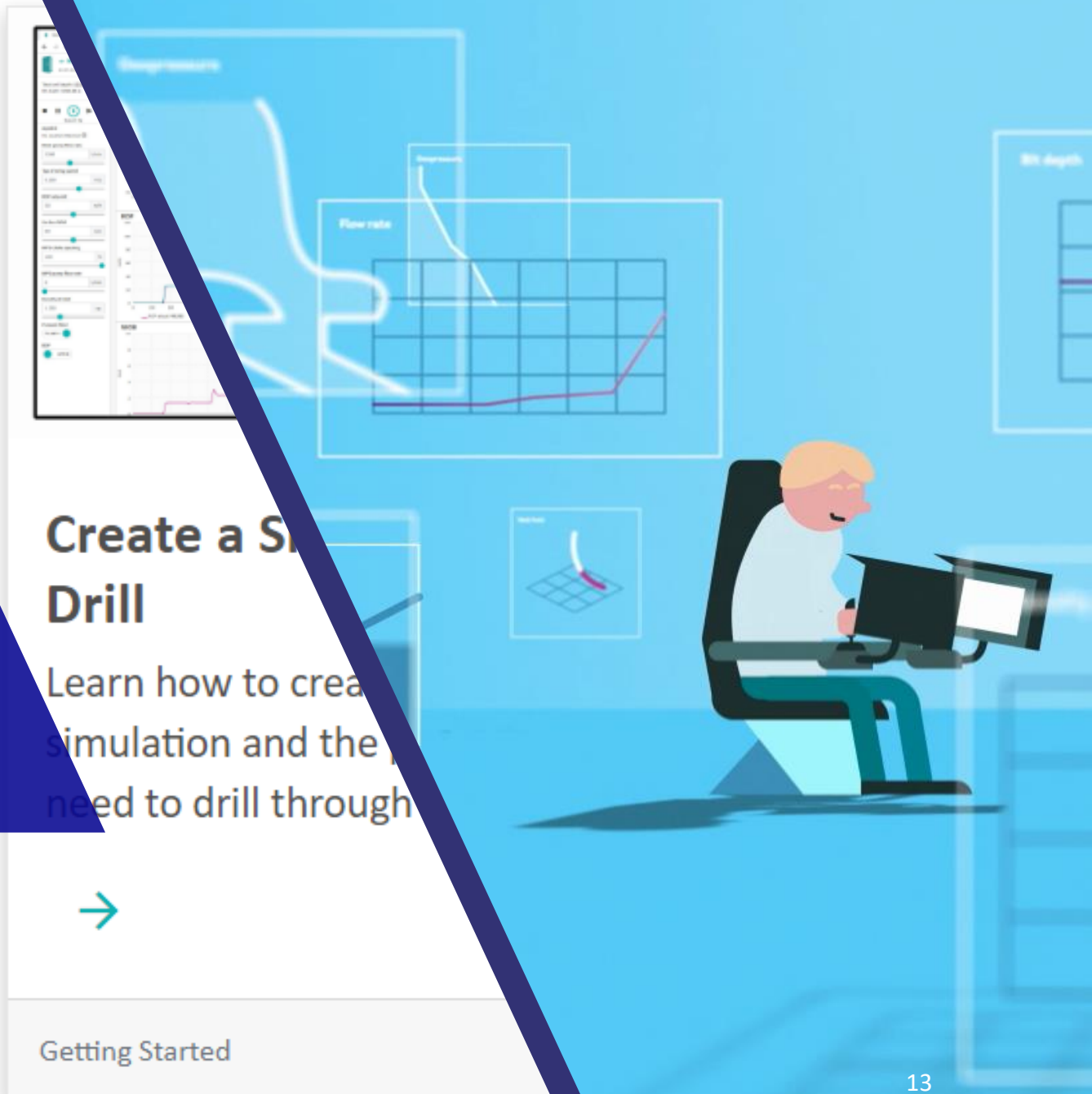
Sequence

Total well depth: 1205.00 m B-H depth: 1205.00 m Report Report

Time (s)	Flow rate (l/min)	Velocity (m/s)	RIP (m/s)	RIP depth (m)	Ch. opening (Pa)	Ch. flow rate (l/min)	Seawater (g/g)	RIP
0 sec	1000	0.5	30	100	100	0	3.25	open
500 s	1000	0.5	30	100	100	0	3.25	open
2000 s	2000	0.5	30	100	100	0	3.25	open
3000 s	2000	0.500	30	100	100	0	3.250	open

<https://openlab.app/Mange tutorials>

Prøv selv!



Create a Sequence Drill

Learn how to create a sequence simulation and the need to drill through

Getting Started



Maskinlæring for boring



shutterstock.com · 255947224

“Katt”

“Katt”



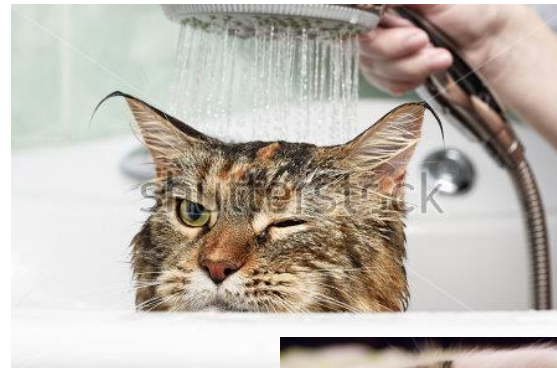
Hva er maskinlæring?



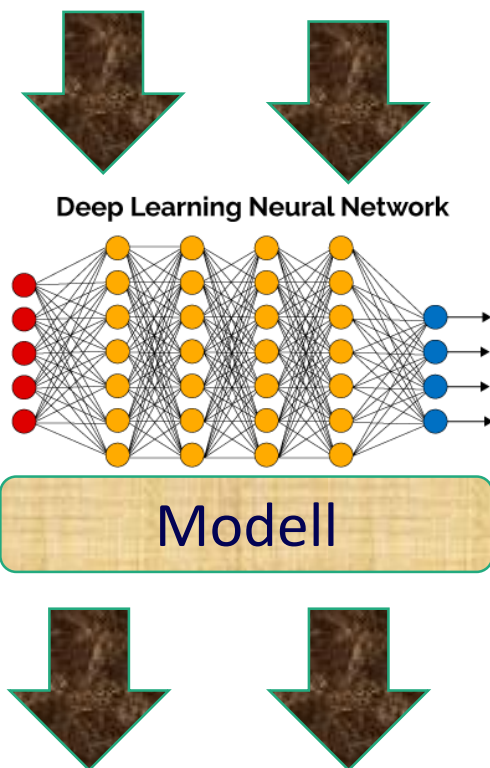
Ikke “katt”

Eksempel:

- Barn lærer å kjenne igjen objekter ved å se på eksempler
- Hvis de ser flere forskjellige typer katter lærer de etterhvert hva “katt” er
- De kan kjenne igjen en “katt” selv om de ikke har sett akkurat den “katten” før
- Fordi den likner: den menneskelige hjernen er god på gjenkjenning



- Men en datamaskin kan ikke lære uten videre ...
- Maskinlæring er en metode der du viser maskinen 1000-vis av eksempler
- Ved hjelp av **statistikk** “**lærer**” den etterhvert hva en “katt” er



Har lært
hva “katt”
er

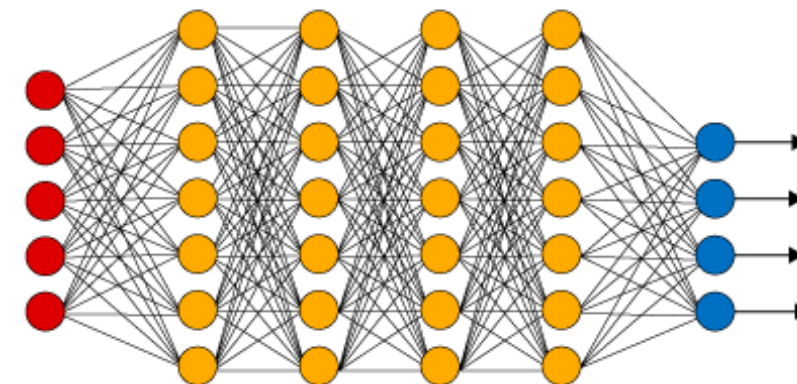
Svar: er “katt” (87%)

Svar: er **ikke** “katt” (93%)

- **Læring:** maskinen ekstraherer informasjon fra hvert bilde og lager en avansert statistisk modell:

Tar
lang
tid

Deep Learning Neural Network



- **Prediksjon:** Når vi så viser modellen et nytt bilde, kan den si om bildet er en katt eller ikke – med en viss sannsynlighet

Lynraskt

Hvorfor har maskinlæring blitt populært?

- Basert på statistikk – trenger ikke forstå bakenforliggende fysikk (kan være svært komplisert)
- Virker for svært mange typer informasjon, og for svært mange problemstillinger
- Helt nye muligheter!

- Selvkjørende biler
- Medisinsk diagnostisering (automatisk lege)
- Aksjemegling
- Sjakkspilling
- Værvarsling
- Lage musikk

Andre eksempler

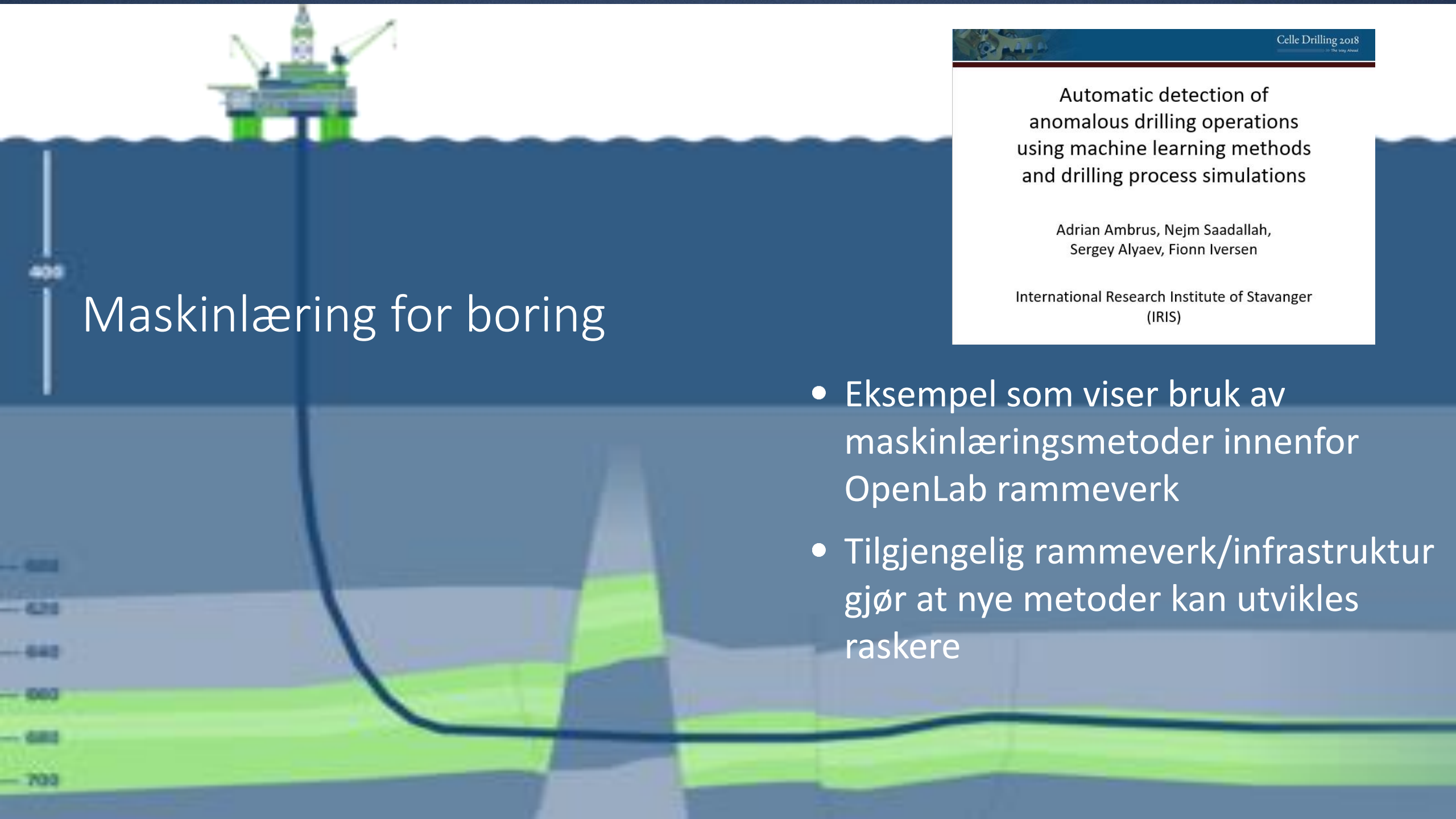
Automatisk generering
av bilder



Automatisk generering av
kjendiser



Disse to finnes ikke på
ordentlig ...



Maskinlæring for boring

Automatic detection of
anomalous drilling operations
using machine learning methods
and drilling process simulations

Adrian Ambrus, Nejm Saadallah,
Sergey Alyaev, Fionn Iversen

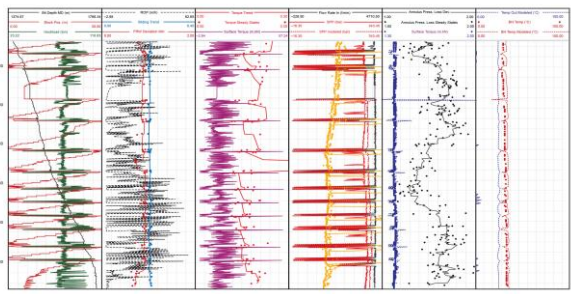
International Research Institute of Stavanger
(IRIS)

- Eksempel som viser bruk av maskinlæringsmetoder innenfor OpenLab rammeverk
- Tilgjengelig rammeverk/infrastruktur gjør at nye metoder kan utvikles raskere

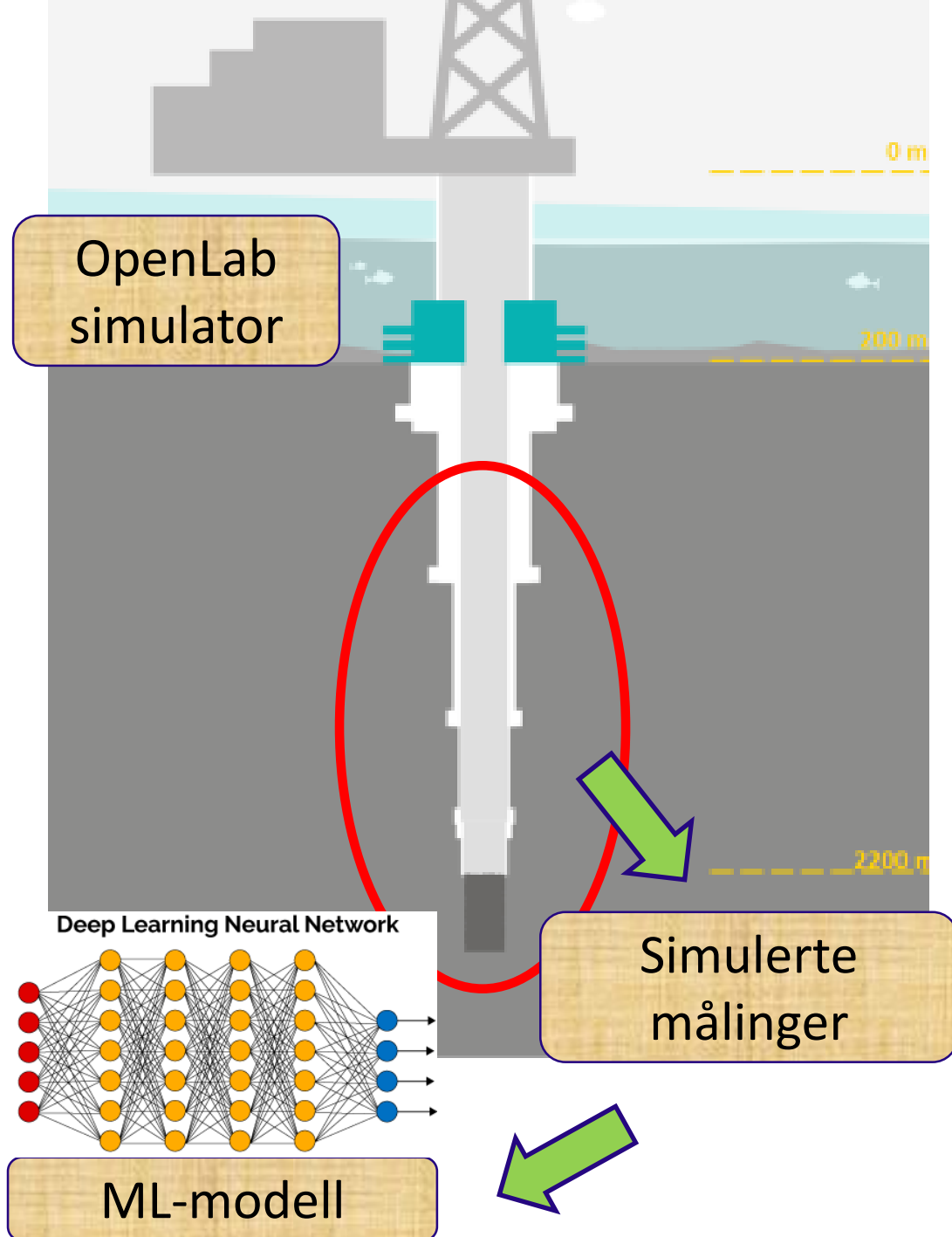


Maskinlæring for boring

Målinger



- Identifisering og diagnose under boring er vanskelig
- Mens man borer får man målinger som forteller noe om tilstanden nede i hullet
- Men vanskelig å tolke hva målingene betyr
 - Store dataset
 - Store usikkerheter
 - Må skje i sanntid (~sekunder)
- Feiltolkning kan føre til problemer under boreoperasjonen
- Mål: diagnostisering vha. maskinlæring kombinert med simulering
 - Kombinere statistikk og fysikk



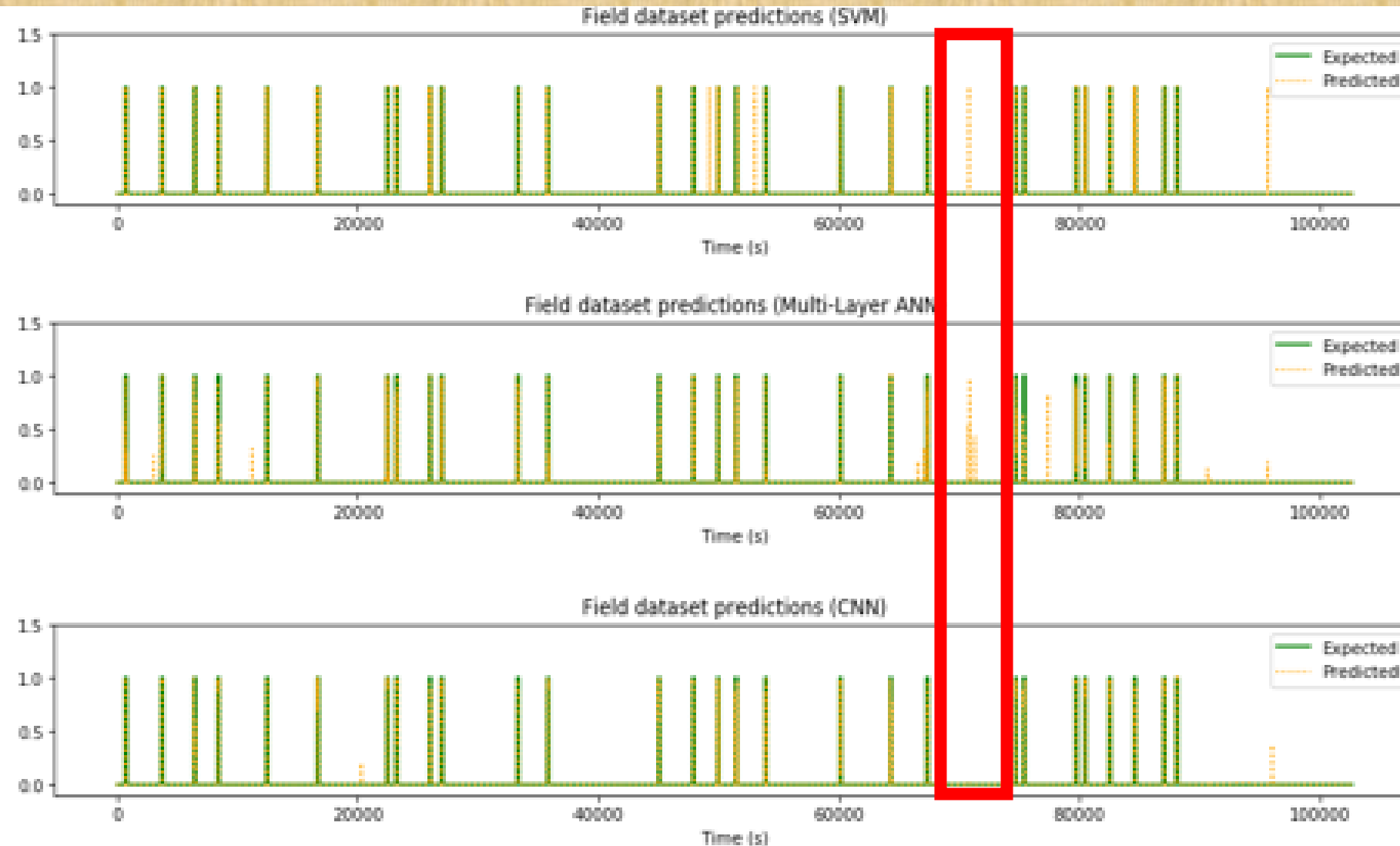
Metode

- Maskinlæringsmodellen trenger mye data for opplæring
 - Kjenne igjen ulike scenarier
- Men lite boredata er tilgjengelig for å lage en slik modell
- Løsning
 - Bruke OpenLab boresimulator til å lage simulerte “målinger”
 - Bruke disse “målingene” til å lære opp modellen
- Under en boreoperasjon brukes modellen til å tolke virkelige målinger – lynraskt
- Sanntids beslutningsstøtte for boreren

Tre forskjellige maskinlæringsmetoder

Stort sett små forskjeller når virkelighet og maskinlæringsmodellen sammenliknes

CNN gir best prediksjoner i dette tilfellet



SVM

TN: 511	FN: 0
FP: 4	TP: 28
P=0.875	R=1.0

MLANN

TN: 513	FN: 0
FP: 2	TP: 28
P=0.933	R=1.0

CNN

TN: 515	FN: 0
FP: 0	TP: 28
P=1.0	R=1.0



OPENLAB
DRILLING

Visjon

Tilby verdensledende
simuleringsmiljø for boring- og
brønnteknologi

Intensivere utdanning, forskning
og innovasjon innenfor
automatisert boring

Redusere kostnader, øke sikkerhet

Lære av andre, dele nye metoder
for bruk i andre anvendelser

NORCE

University
of Stavanger

Forskningsrådet