

Hævning af LI. Torup gaslagerets arbejdsvolumen gennem sænkning af kavernernes minimumstryk

Jørgen Ivert Johansen

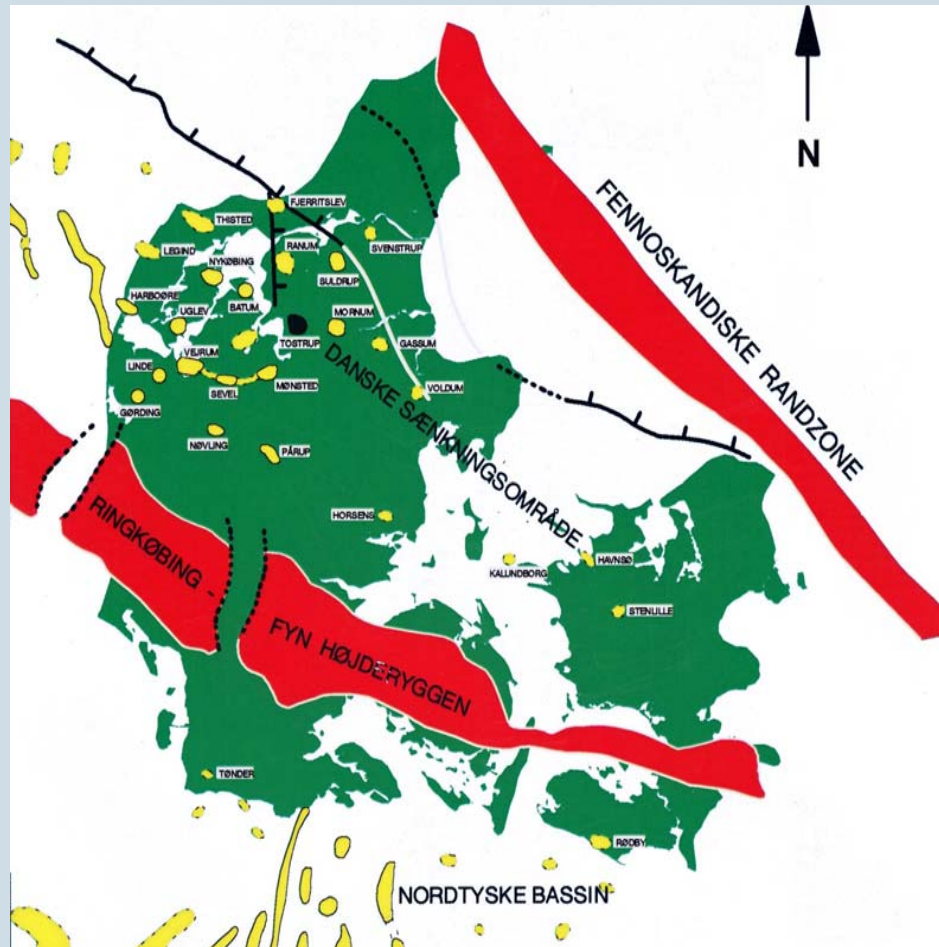
Teknisk koordinator

Energinet.dk Gaslager A/S, LI. Torup

Gaslagerets placering i transmissionsnettet



LI. Torup salthorstens placering



Gaslageret set fra oven en varm sommerdag

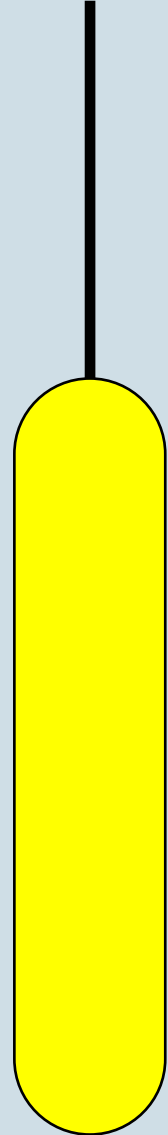


Gaslagerets procesanlæg 2007

- Anlægsstart 1982
- Udskylningsstart 1983
- Første gas i kaverne 1986
- Tre kompressortog á 55.000 Nm³/h
- Tre udtrækstog á 200.000 Nm³/h
- Syv kaverne á 200.000 Nm³/h

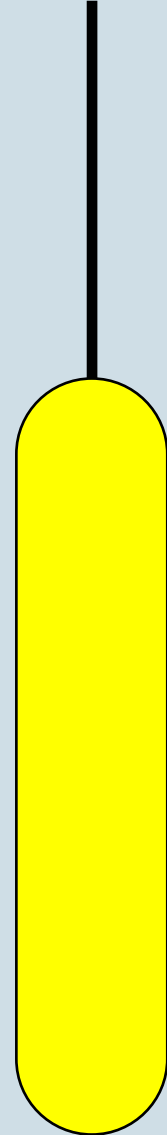
De syv kaverners geometriske data

- Kaverne center afstand > 400 meter
- Kaverne top i 944 – 1.344 meters dybde
- Kaverne bund i 1.266 – 1.687 meters dybde
- Kaverne højde 300 – 350 meter
- Kaverne diameter 50 – 65 meter
- Kaverne volumen 341.580 – 731.080 m³



De syv kaverne, før 2006

- Maksimale kaverne well-head tryk 150,5 – 200,0 barg
- Minimale kaverne tryk 80 barg
- Minimale kaverne well head tryk 72,7 – 74,7 barg
- Totalt gasindhold 710,400 mio. Nm³
- Heraf arbejds gas 414,3 mio. Nm³
- Cushion gas 296,100 mio. Nm³
- Arbejds gas 58,3%
- Kan arbejds gas mængden øges?

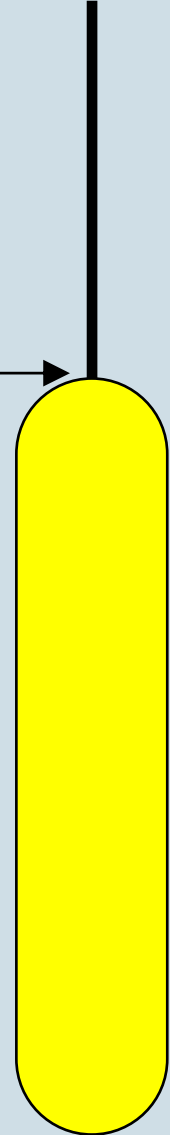


Muligheden for at øge arbejdsogas volumenet

- Hævning af kavernernes maksimum well-head tryk
 - Risiko: Opsprækning af saltet, "Blow Out"
- Sænkning af kavernernes minimum well-head tryk
 - Risiko: Øget afskalning af salt, forøgelse af krybning

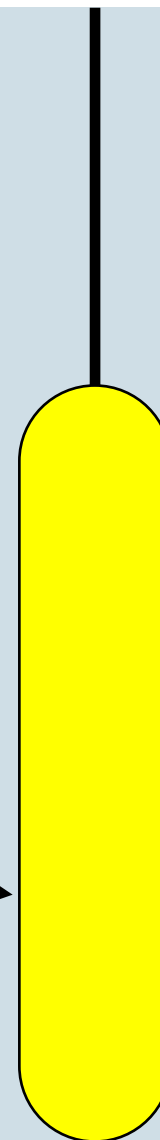
Kavernernes maksimum well-head tryk

- Kavernens beliggenhed i salthorsten
- Kavernens "last cemented casing shoe" →
- Procesanlæggets trykmæssige designdata
- Saltets sammensætning og mekaniske styrke
- Salthorstens temperatur
- Kavernens geometriske form
- De maksimale well-head tryk er øget i 1995
- De maksimale well-head tryk er rekalkuleret i 2006
- Kun minimale gevinster er mulige



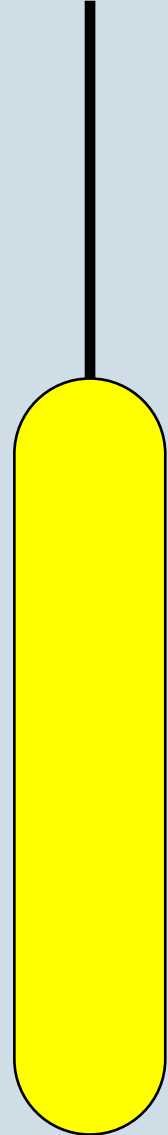
Kavernernes minimum well-head tryk

- Kavernens beliggenhed i salthorsten
- Saltets sammensætning og mekaniske styrke
- Salthorstens temperatur
- Kavernens geometriske form
- Kavernens driftshistorie (tryk/flow bevægelser)
- Sonar målinger siden udskylningen
- Kavernens krympning siden udskylningen
- Kavernens reference dybde (1/3 fra bunden)



Ønske til opgaven, defineret i 2004

- Et minimums kavernetryk på 60 barg
- Mod det eksisterende kavernetryk på 80 barg
- Et deraf beregnet minimums well-head tryk
- Dokumentation for forventet øget krybningsrate
- Fuld accept af projektet fra Energistyrelsen

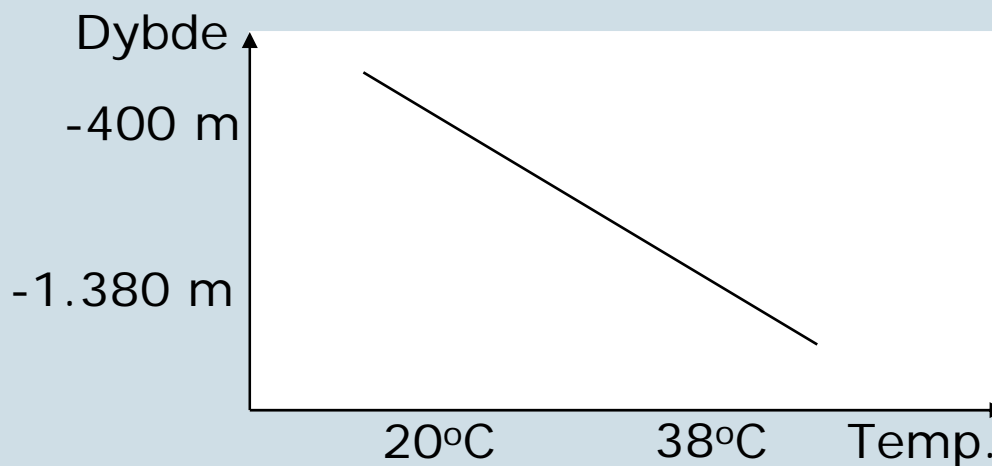


Problemer ved kaverne drift

- En kaverne kryber løbende (rumfangstab)
- En kaverne kryber hurtigere ved lavere tryk
- En kaverne kryber hurtigere ved hurtige trykfald

Temperatur profil fra salthorsten

- Temperatur profiler fra salthorste er forskellige
- Boring TO-3 temperatur logget i 2004 til 1.380 meters dybde
- Boringen har stået oliefyldt og uberørt siden 1981
- Temperaturen anses for repræsentativ for salthorsten



Beregninger af kaverne udviklinger

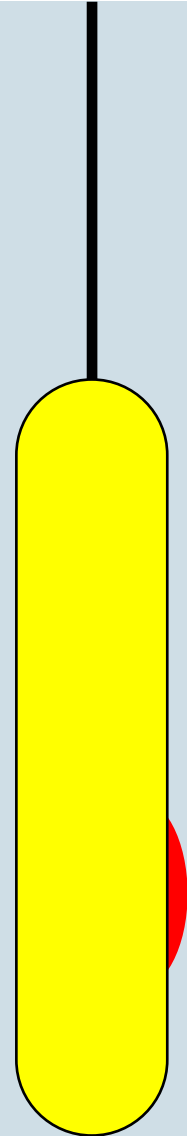
- En kalibreret beregningsmodel
- Alle geometriske kaverne data
- Alle foretagne sonar målinger fra alle kaverne
- Alle tryk/flow bevægelser i kavernernes levetid
- Alle kendte salt egenskaber fra boreprøver
- Alle kendte salt egenskaber fra "In Situ Test TO-9"
- Salthorstens temperatur profil fra boring TO-3
- Krybningsfaktor fastlægges for hver kaverne
- Sammenhæng mellem teori og praksis

Test senarie, kaverne TO-6

- Kavernen sonar opmåles normalt
- Præcisions soner opmåles i dybden 1.458 – 1.462 meter
- Kavernen tømmes til 60 barg kaverne tryk
- Kavernen tømmes til 52,2 barg well-head tryk
- Kavernen henstår uberørt i 30 dage
- Kavernen sonar opmåles normalt
- Præcisions soner opmåles i dybden 1.458 – 1.462 meter
- Kavernen gas fyldes igen

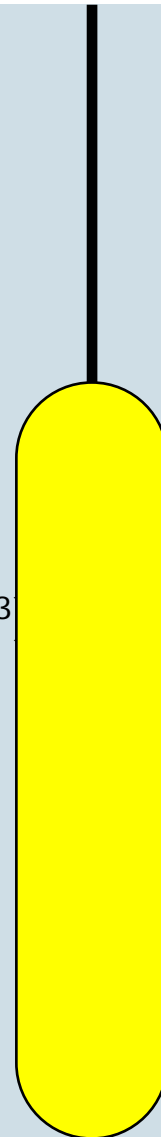
Test evaluering, kaverne TO-6

- Der ses uventede sonar opmålings resultater
- Der ses uventede salt afskalninger i retning 40 – 60°, på op til 1,5 meters horisontal dybde
- Brine niveauet i bunden af kavernen er hævet ca. tre meter
- Kavernen præcisions sonar opmåles igen
- Målingerne viser de samme salt afskalninger
- Der udføres nye beregninger for hver kaverne



De syv kaverne, efter 2006

- Maksimale kaverne well-head tryk 150,5 – 200,0 barg
- Minimale kaverne tryk 60 - 80 barg
- Minimale kaverne well head tryk 54,8 – 71,9 barg
- Totalt gasindhold 710,400 mio. Nm³
- Heraf arbejds gas 455,400 mio. Nm³ (↑ 41,1 mio. Nm³)
- Cushion gas 255,000 mio. Nm³ (↓ 41,1 mio. Nm³)
- Arbejds gas 64,1% (↑ 5,8%)
- Ja, arbejds gas mængden kunne øges



Driftsbetingelser, efter 2006

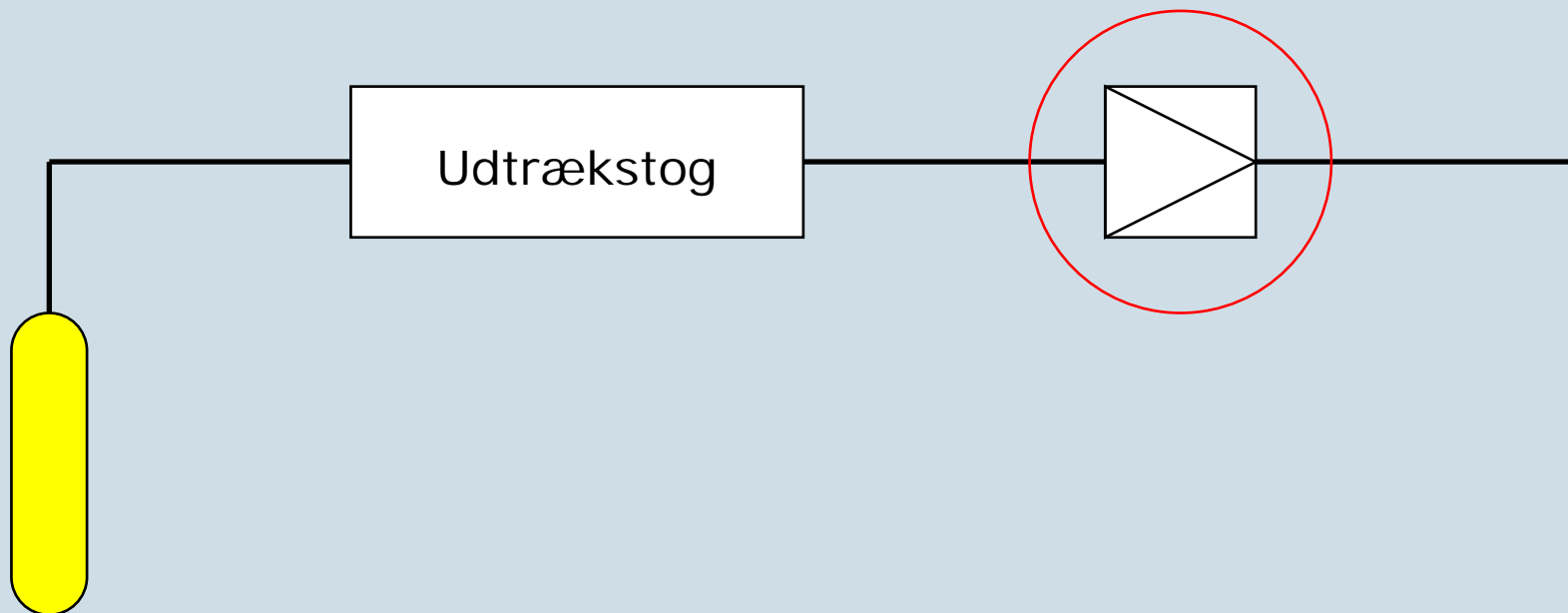
- Kaverne drift, ved kaverne tryk højere end "de gamle" minimums tryk, påvirkes ikke af de nye tilladelser
- En kaverne må kun stå ved det nye lave tryk i 30 dage, hvorefter genopfyldning skal påbegyndes
- En kaverne der har stået ved dette nye lave tryk skal sonar opmåles efter endt genopfyldning
- En kaverne må kun tømmes til det nye lave tryk en gang om året.
- Kavernernes udvikling skal løbende evalueres, med fokus på erfaringerne fra kaverne TO-6 testen

Kuriosum

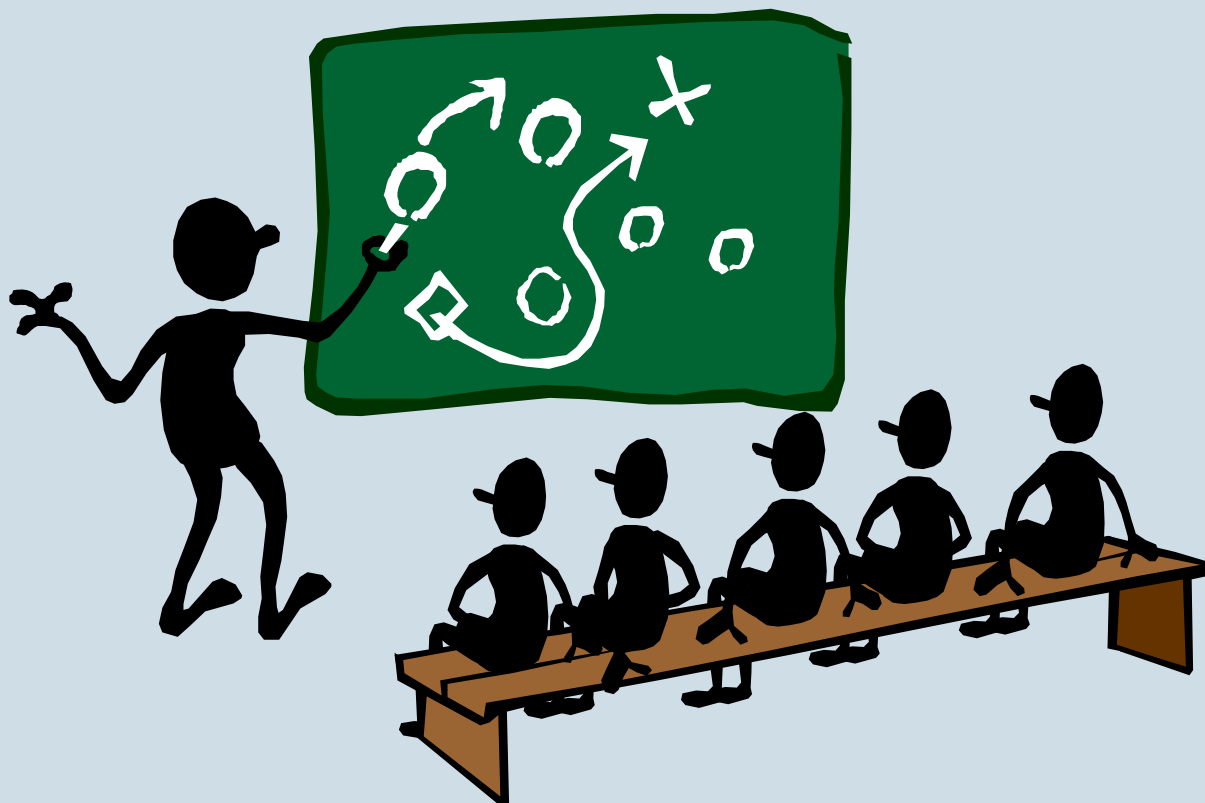
- Hele dette projekt er sideløbende blevet til en Ph.D afhandling for en af de tre deltagende hovedpersoner på IUB universitetet i Hannover, der har været hovedentreprenør på opgaven. Projektet er derudover forelagt på en international SMRI konference i Schweiz i foråret 2007

Nye drifts udfordringer

- Udtræk af gas fra kaverner med lavere well-head tryk end TR-nets trykket skal ske gennem rekompresion
- Ombygning af gaslageret til denne driftsmode er sket i 2007



Spørgsmål?



Tak for Deres opmærksomhed