

6. MWD data på alle borehull i berg

1. Definisjon og beskrivelse av MWD-teknologi

Grunnleggende definisjon: Measurement While Drilling (MWD) er en avansert teknologi brukt i geologi og tunnelbygging som muliggjør innsamling av boreparametre i sanntid under boreprosessen.

Beskrivelse av hvordan det fungerer: MWD-data samles inn av sensorer montert på boreriggen, som registrerer ulike driftsparametere. Disse dataene overføres deretter i råformat til servere, hvor de kan filtreres, kvalitetssikres og normaliseres gjennom matematiske modeller, før de analyseres av spesialister.

Typer data samlet inn: Blant de viktigste parametrene som samles av MWD-systemene er ulike typer trykk, hastigheter for penetrasjon og rotasjon, samt retning og dybde på boringen. Det samles også informasjon om når boringen startet og sluttet, samt nummeret og typen på borehullet.

2. Nåværende bruk av MWD

MWD-data (Measurement While Drilling) gir verdifull informasjon om geologiske forhold i sanntid. Likevel blir ikke deres fulle potensial for øyeblikket utnyttet fullt ut. Hver MWD-fil, som representerer ett boret hull, inneholder verdifulle data som ofte blir oversett eller ikke tilstrekkelig analysert etter boringen er fullført. Det er også mangel på etablerte standarder for hvordan disse dataene bør filtreres, normaliseres eller kvalitetssikres, noe som utgjør en betydelig utfordring.

I konteksten av noen tunnelprosjekter i Norge, sendes MWD-filene til analyse, noe som er et innspill for vurdering av geologien, beslutninger om injeksjonsteknikker og valg av passende metoder for å sikre tunneler, slik som sprøytebetong og bolting. Dessverre kompliserer den nåværende mangel på industrielle standarder for normalisering og filtrering av MWD-data full utnyttelse av den samlede informasjonen. Normaliseringsprosessene, som er avgjørende for et pålitelig geologisk bilde, er ofte monopolisert av noen få enheter, noe som resulterer i mangel på transparens og enhetlighet i datatolkningen. Vårt mål er å endre denne tilnærmingen for å maksimalt utnytte tilgjengelige informasjonsressurser og forbedre beslutningsprosessene i tunnelprosjekter.

3. Full utnyttelse av MWD-data

Full utnyttelse av MWD-data i tunnelprosjekter omfatter følgende aspekter:

Behov for bransjestandarder:

Innføring av bransjestandarder for standarisering av filformat, filtrerings-, normaliserings- og analyseprosesser av MWD-data er nødvendig for å oppnå numeriske verdier som er avgjørende for en nøyaktig forståelse av geologiske forhold. Disse standardene bør også definere metoder for å oppnå nøkkelindikatorer, som sprekkindiksen eller hardhetsindeksen.

Integrasjonsprosess:

Normalisering og filtrering av data:

Behandling av MWD-data på en måte som tillater deres entydige og standardiserte presentasjon i numerisk form. Denne prosessen muliggjør nøyaktige sammenligninger og korrelasjoner med andre innsamlede geologiske og operasjonelle data.

Integrasjon med BIM gjennom CDE:

MWD-data vil bli lagret og administrert i et felles data-miljø (CDE), noe som vil lette tilgangen og bruken av denne informasjonen av alle prosjektdeltakere. Denne tilnærmingen er i samsvar med ISO 19650-kravene for informasjonsstyring i byggeprosjekter. I tillegg vil MWD-data lagret i det åpne IFC-formatet være tilgjengelige i en 3D-modell, noe som vil muliggjøre sentralisering og enkel tilgang til geologiske og operasjonelle data gjennom BIM-plattformen, og skape et enhetlig og integrert miljø for alle prosjektdata.

Bruk av MWD-data i big data-analyse:

Integrasjon med andre datasett:

MWD-data kan integreres med andre geologiske og operasjonelle data, og muliggjør avanserte analyser og korrelasjoner i store datasett.

Utvikling av prediktive metoder:

Analyse av MWD-data i en big data-kontekst kan føre til utvikling av nye prediktive metoder som vil øke sikkerheten bygge og drifts- og operasjonsfasen og effektiviteten i arbeidet. Bruken av avanserte dataanalyseteknologier vil bidra til bedre forståelse av prosjektdynamikken og muligheter for optimalisering.

Fordeler:

Forbedring av kvaliteten på geologisk dokumentasjon:

Muliggjør mer nøyaktig overvåking av geologiske forhold.

Forbedring av kvaliteten på utført arbeid: Også når det gjelder rapportering av tidsforbruk, men også mengde brukt materiale og lokasjon.

Bedre håndtering av geologisk risiko: Tilgang til detaljerte og pålitelige data gjør det mulig å reagere raskere på potensielle endrede geologiske forhold.

Optimalisering av operasjonelle prosesser: Integrering av MWD-data med CDE og BIM muliggjør nøyaktig planlegging og gjennomføring av aktiviteter i tunnelen via.

Anbefalinger til BH: Vi oppfordrer kunder til å kreve full utnyttelse av tilgjengelige MWD-data i tunnelprosjekter, noe som bør bli en standard i prosjektdokumentasjonen. Bare på denne måten kan fullt potensial for denne teknologien realiseres.

Konklusjon:

Full utnyttelse av MWD-data innebærer en omfattende tilnærming som starter med innsamling av data, går gjennom deres grundige behandling og normalisering, og ender med deres integrasjon med hovedprosjektledelsessystemer og analyse på stor skala. Denne prosessen sikrer ikke bare en mer nøyaktig forståelse av geologiforholdene, men også en mer bærekraftig og bevisst bruk av ressurser, samt økt kvalitet av utført arbeid og dokumentasjon også effektivitet i alle prosjektfaser og prosjektprosesser. Innføringen av passende bransjestandarder og integrasjon av disse dataene i BIM via CDE, i samsvar med ISO 19650, åpner nye muligheter for alle prosjektdeltakere. Dette er et nødvendig skritt mot økt åpenhet, risikoreduksjon og bedre ressursstyring i tunnelindustrien.

4. Viderearbeid

Barrierer og utfordringer

Et av de største utfordringene knyttet til implementering og bruk av MWD-teknologi i større skala er mangelen på standardiserte prosedyrer for filtrering, normalisering og kvalitetsbekreftelse av data. I tillegg oppstår det i noen tilfeller vanskeligheter med tilgang til rå MWD-data, noe som utgjør en betydelig barriere for full utnyttelse av denne teknologien. Begrenset tilgang til disse dataene kan hemme utvikling og innovasjon i bransjen, ettersom rådata er nødvendige for å skape åpne dataformater som er designet med tanke på fellesskapets beste og teknologisk fremskritt i ingeniørbransjen.

Løsning på dette problemet

Utvikling og implementering av bransjestandarder som definerer hvordan MWD-data skal behandles, analyseres og brukes, er nødvendig. Det er også viktig at bransjen samarbeider om å sikre åpen tilgang til rå MWD-data. Slike tiltak vil ikke bare forbedre effektiviteten og åpenheten i prosjektstyringen, men også støtte videre forskning og utvikling av nye teknologier.

Anbefalinger for fremtiden: Løsningen på de nåværende utfordringene er å utvikle og implementere bransjestandarder som definerer hvordan MWD-data skal behandles, analyseres, brukes og tilgjengeliggjøres.

Disse skrittene kunne tas av investorer, designere og entreprenører:

Utvikling av bransjestandarder: Opprette klare retningslinjer og prosedyrer for alle aspekter av MWD-data, inkludert filformater, filtrering, normalisering, og analyse.

Opplæring og utdanning: Organisering av workshops og opplæringskurs for designere og entreprenører for å øke deres kompetanse i bruk av MWD-data.

Integrasjon med BIM: Fremme integrasjon av MWD-data med BIM-modeller for å lette tilgangen og samarbeidet mellom ulike prosjektteam.

Investeringer i teknologi:

Oppfordre investorer til å finansiere avanserte teknologier og systemer som støtter full utnyttelse av MWD-data i tunnelprosjekter.

Oppdatere regelverket:

Oppdatere standarder, håndbøker og prosesskoder for å sikre tilgang til rå MWD-data for både entreprenører og byggherrer.

5. Nye EU regulasjoner

EU-reguleringene **Data Act** har stor betydning for datahåndtering, deling og tilgang på tvers av prosjekter, særlig når det gjelder maskinprodusert data og datadeling mellom offentlige og private aktører.

Data Act er en kommende EU-lov som har til hensikt å åpne opp for bredere tilgang til data som genereres av maskiner, enheter og industrielle prosesser. Dette er spesielt viktig for sektorer som infrastruktur og tunnelprosjekter der mye data genereres fra maskiner. Nøkkelpunktene i Data Act inkluderer:

- **Deling av maskinprodusert data:** Den gir regler for hvordan data generert av maskiner og enheter kan deles mellom produsenter, brukere og tredjepartsaktører, inkludert offentlige organer og private selskaper.
- **Bedre tilgjengelighet:** Den sikrer at dataeiere ikke kan blokkere adgang til data. For tunnelprosjekter betyr dette at maskindata som MWD-data, generert fra boremaskiner eller andre enheter, må gjøres tilgjengelig for aktører som trenger den for drift, vedlikehold eller dokumentasjon.
- **Rettferdig deling:** Brukere av maskiner har rett til å få tilgang til de dataene maskinen deres genererer, noe som reduserer barrierer som leverandører tidligere kunne sette opp. Dette kan være spesielt viktig i tunnelprosjekter hvor leverandører tidligere har kontrollert tilgang til data.

Data Act vil derfor bidra til **demokratisering av data**, redusere forsinkelser i dataflyten, og sikre at aktører kan utveksle data i sanntid, noe som kan forbedre prosjektflyt og læring fra produksjonsdata.

6. Konklusjon:

Full utnyttelse av MWD-teknologi er avgjørende for fremtiden til tunnelbransjen. Det sikrer ikke bare økt effektivitet, men påvirker også kvaliteten og presisjonen i gjennomføringen av tunnelprosjekter. Den forbedrer også måten vi dokumenterer tunnelarbeidene på. Innføringen av bransjestandarder og utvikling av kompetanse knyttet til MWD vil åpne nye muligheter for alle prosjektdeltakere, og lede til en mer bærekraftig og effektiv bruk av ressurser. Vi oppfordrer alle interessenter i bransjen til aktivt å støtte og implementere disse praksisene for å sammen arbeide mot kontinuerlig forbedring og innovasjon i ingeniørsektoren.

7. Forslag til ny tekst i R761

Borrigger skal ha utstyr for automatisk logging av boring (Measurement While Drilling, MWD):

Tilgang til rådata:

All rå MWD-data fra boreriggen skal være tilgjengelig for både entreprenøren og byggherren. Rå MWD-data skal overleveres til byggherren via nett umiddelbart etter endt boring av hvert hull (der boreriggen kan kobles til nett), i et åpent og standardisert tekstformat som kan brukes til fremtidig tolkning og analyse.

Rå MWD-data skal også tilgjengeliggjøres for både entreprenøren og byggherren på en felles dataplattform tilgjengelig via internett, med mulighet for å hente rå MWD-data automatisk fra denne plattformen.

Entreprenøren skal gi full tilgang til nødvendig utstyr til byggherrens leverandør av program for bearbeiding, sammenstilling og presentasjon av MWD-data, slik at leverandøren kan kalibrere programmet i forhold til rigger og bergforhold på anlegget.

Tolkningen skal gi bedre grunnlag for vurdering av bore- og injeksjonsopplegget, eventuell utvidelse for tung sikring, spiling etc.

All boring skal logges, og alle hull skal logges korrekt (dvs. merkes som langhull, hull til forbolter, salvehull, boltehull etc.). Minst 90 % av boret lengde per oppstilling av riggen skal ha data som kan tolkes. Umiddelbart etter endt boring skal data hentes inn fra riggen og leveres over nett. Maksimalt loggintervall er 20 mm.

Entreprenøren skal opplyse byggherren om bytte av rigg, borkrone, borhammer eller givere som kan påvirke MWD-tolkningsprogrammet, samt om endringer i innstillinger som kan påvirke resultatene.

Entreprenørens rigg skal ha fungerende givere slik at den gir brukbare data til byggherrens leverandør av MWD-tolkningsprogrammet. Protokollen skal inneholde nødvendige opplysninger om boringen som angitt i NS-EN 12715:2000, pkt. 10.3.

Filene som leveres skal være tekstfiler og inneholde følgende informasjon:

Hullinformasjon:

- **Riggidentifikasjon**
- **Bomnr.**
- **Borhammeridentifikasjon**
- **Hulltype**
- **Hullnr.**
- **Ansett**
- **Posisjon**

Det skal gjøres kontinuerlig logging av følgende parametere:

- **Bordybde** (mm)
- **Borsynk** (m/min med to desimaler eller mm/s)
- **Matertrykk** (bar, to desimaler)
- **Rotasjonstrykk** (bar, to desimaler)
- **Slagtrykk** (bar, to desimaler)
- **Vannmengde** (l/min, to desimaler)
- **Vanntrykk** (bar, to desimaler)
- **Rotasjon** (o/min, to desimaler)
- **Tid** (tt:mm

,sss)

Viktigheten av Standardisering

Ved å følge denne strukturen og disse kravene sikrer man at MWD-dataene er konsistente, pålitelige og enkle å tolke. Dette legger grunnlaget for effektiv analyse og beslutningstaking, både under boreprosessen og i fremtidige prosjekter.

8. Detaljert Beskrivelse av MWD-Format og Krav

Dette dokumentet beskriver i detalj strukturen og kravene til MWD-filer (Measurement While Drilling) som brukes for å logge boredata. Informasjonen er basert på industristandarder og spesifikasjoner fra R761 for å sikre at dataene blir samlet inn på en standardisert og tolkningsbar måte.

Generelle Krav

Umiddelbar Overlevering: Dataene skal leveres umiddelbart etter at borehullet er ferdig. Filene må kunne sendes og hentes over nett så lenge riggen er koblet til internett. Dette sikrer at dataene alltid er tilgjengelige i sanntid for analyse og videre behandling.

Dataformat: Dataene i MWD-filen skal være tabulatorseparert (tab-separated). Dette betyr at hver kolonne med data i tabellene, spesielt under seksjonen [MWD DATA], er atskilt med en tabulator (tab).

Struktur av MWD-filen

MWD-filen er strukturert i en bestemt rekkefølge av linjer og seksjoner. Nedenfor følger en detaljert beskrivelse av hver linje og seksjon.

Linje 1: Versjon

[MWD X.X] - Indikerer versjonen av MWD-protokollen som brukes.

Linje 2-3: Hullnummer

Hole number - Etikett for hullnummer.

XX - Angir nummeret på borehullet.

Linje 4-5: Hulltype

Hole type - Etikett for hulltype.

X - Definerer typen borehull.

Linje 6-7: Dato og Tid for Fjellkontakt

Date and time at rockcontact - Etikett for dato og tidspunkt når borekronen traff fjellet.

ÅÅÅÅ/MM/DD TT:MM:SS - Spesifiserer tidspunktet for fjellkontakt.

Linje 8-9: Bomnummer

Boom - Etikett for bomnummer.

X - Nummeret på bommen som brukes til boring.

Linje 10-11: Seksjonsnummer

Section number * 1000 - Etikett for seksjonsnummer multiplisert med 1000.

XXXXXXX - Identifikator for seksjonen.

Linje 12-13: Lokale Koordinater

x y z mm - Etikett for de lokale koordinatene (x, y, z) i millimeter.

XXXX XXXX XXXX - Gir de lokale koordinatene.

Linje 14-15: Lookout Data

Lookout Lookoutdirection(Degrees*10) Sample interval(cm) - Etikett for lookout-data.

XXX YYY Z - Lookout: XXX, Lookoutdirection: YYY, Sample interval: Z.

Lookout: Representerer vinkelen mellom borehullet og z-aksen ved starten av boreprosessen. Verdien er i grader multiplisert med 10.

Lookoutdirection: Angir retningen for borehullsvinkelen ved starten. Dette er rotasjonen av planet mellom borehullets akse og z-aksen, rundt z-aksen. Startpunktet for rotasjonen er fra zx-planet, der x-aksen er horisontal og vinkelrett på z-aksen. Rotasjonen er mot urviseren (counterclockwise) og begynner fra høyre til venstre. Verdien er i grader multiplisert med 10. Ved å dele på 10 får man den faktiske vinkelen i grader.

Linje 16-17: Riggens Serienummer

Rig serial number - Etikett for riggens serienummer.

XXXXXXXXXX - Identifikasjonsnummer for riggen.

Linje 18: Rig Control System (RCS) Versjon

RCS X.XX.X - Angir versjonen av Rig Control System som riggen bruker.

Linje 19-20: Tunnelnavn

Tunnel - Etikett for tunnelnavn.

NAVN - Navnet på tunnelen der boreprosjektet finner sted.

Linje 21: Start av MWD Data

[MWD DATA] - Markerer starten på tabellen som inneholder kontinuerlig loggede boredata fra sensorer.

Sensor Data Tabell

Etter [MWD DATA] følger en tabell med sensorverdier. Tabellen inneholder følgende kolonner, separert med tabulator (tab):

- HD mm - Bordybde (mm): Den totale dybden boret har nådd på måletidspunktet.
- PR dm/min - Borsynk (dm/min): Hastigheten boret trenger ned i fjellet, målt i desimeter per minutt.
- HP bar - Slagtrykk (bar): Trykket som påføres borekronen for å knuse fjellet.
- FP bar - Matertrykk (bar): Trykket i mateenheten som skyver boret fremover.
- DP bar - Dempningstrykk (bar): Trykket som brukes for å dempe vibrasjoner og stabilisere boret.
- RS r/min - Rotasjonshastighet (r/min): Antall rotasjoner per minutt.
- RP bar - Rotasjonstrykk (bar): Trykket som driver rotasjonen av boret.
- WF l/min - Vannmengde (l/min): Mengden vann som tilføres for kjøling og fjerning av borekaks.
- WP bar - Vanntrykk (bar): Trykket på vannet som tilføres borehullet.
- Tid - Tidspunkt for hver måling (tt:mm, sss): Tidspunktet dataene ble logget, med timer, minutter, sekunder og millisekunder.

Avslutning av MWD Data

Linje etter siste data rad:

Innhold: [EXTRA INFO]

Beskrivelse: Indikerer slutten på MWD data-seksjonen. Denne seksjonen kan inneholde tilleggsinformasjon relatert til boreprosessen.

Transformasjonsmatrise

Linje etter [EXTRA INFO]:

Innhold: Transform

Beskrivelse: Indikerer starten på transformasjonsmatrisen som brukes til å konvertere lokale koordinater til globale koordinater.

Påfølgende linjer:

Matrisen består av 3 rader med 4 verdier hver, som representerer:

Første tre kolonner: Rotasjonskomponentene som transformerer koordinatene.

Fjerde kolonne: Translasjonskomponentene (x, y, z) som forskyver det lokale koordinatsystemet i forhold til det globale.

Lookout (Slutt): Vinkelen ved avslutning av boreprosessen.

Lookoutdirection (Slutt): Retningen ved avslutning, med samme definisjon som over.

Disse verdiene gir informasjon om eventuelle justeringer eller endringer i retningen av borehullet under boreprosessen.

Eksempel på filstruktur:

```
[MMD 2.7]
Hole number
-1
Hole type
9
Date and time at rockcontact
2024/02/05 14:33:07
Boom
3
Section number * 1000
9744469
X      Y      Z      mm
10210  991    -2319
Lookout Lookoutdirection(Degrees*10)  sample interval(cm)
228    -14      2
Rig serial number
8999588700
RCS 5.11.2
Tunnel
Oestgaende_Strand
[MMD DATA]
HD mm  PR dm/min  HP bar  FP bar  DP bar  RS r/min  RP bar  WF l/min  WP bar  Time
23      0.00    124.55  31.21  49.17  233.50  54.03  206.13  24.72  14:33:11
47      20.91    126.69  29.30  49.06  231.04  54.78  199.39  23.11  14:33:12
68      18.45    127.44  31.32  48.51  233.77  56.60  200.27  23.54  14:33:12
89      20.98    128.51  30.78  49.17  235.98  51.36  200.05  22.58  14:33:13
110     18.40    128.29  35.10  48.18  230.18  53.29  200.56  22.90  14:33:14
131     21.12    127.44  35.53  48.07  240.67  54.78  201.14  23.33  14:33:14
153     19.65    129.79  32.94  48.04  226.07  51.36  199.97  22.36  14:33:15

..
..
..
..
20471  18.40    188.53  53.35  57.42  246.19  65.59  132.29  28.03  14:47:05
20493  19.65    193.56  53.35  56.54  234.05  71.48  132.00  28.14  14:47:05
20514  18.37    192.49  52.60  58.05  249.78  64.20  132.44  27.61  14:47:06
20536  19.71    191.78  53.14  57.64  251.99  70.73  132.44  27.93  14:47:07
20559  19.71    193.99  53.24  57.09  255.85  70.62  132.51  28.35  14:47:07
20581  22.38    187.46  52.81  54.34  235.98  73.08  132.44  28.25  14:47:08
20602  21.05    186.18  53.03  55.88  248.68  66.34  132.22  28.57  14:47:09
20623  21.09    191.96  53.03  55.33  238.74  68.37  131.92  28.14  14:47:09
20644  20.95    191.13  53.46  54.45  257.78  71.69  132.14  28.25  14:47:10
20665  24.51    185.65  52.92  54.56  245.92  82.07  132.14  28.03  14:47:10
20686  21.12    193.88  52.81  56.10  254.20  68.05  131.85  27.93  14:47:11
20700  19.63    184.47  53.35  56.65  243.43  69.98  132.00  27.93  14:47:11
[EXTRA INFO]
Mine=
Front=
TypeOfNavigation=8
Transform=[ -0.85705709  -0.51307688  -0.04696011  -0.02433955  -0.05072406  0.99841607  0.51464622  -0.85684256  -0.03098536  1211729.93  -104437.80  -9.03 ]
Lookout Lookoutdirection(Degrees*10)  sample interval(cm)
228    -18      2
```

Oppsummering av Krav

- Dataoverføring:
- Dataene skal overføres umiddelbart etter endt boring.
- Overføring skal skje via nett, fortrinnsvis automatisk dersom riggen er koblet til internett.
- Dataformat:
- Filene skal være i et åpent og standardisert tekstformat.
- Dataene skal være tabulatorseparert for enkel import og analyse.
- Tilgjengelighet:
- Dataene skal være tilgjengelige for både entreprenøren og byggherren.
- Datakvalitet:
- Minst 90 % av boret lengde per riggoppsett skal ha tolkningsbare data.

- Alle sensorer skal være kalibrerte og i fungerende stand.
- Dataene skal lagres på en sikker plattform med nødvendig tilgangskontroll.
- Kun autoriserte personer skal ha tilgang til dataene.