

Oppdragsgiver: **Kristiansand Havn IKS**

Oppdragsnr.: **52110063** Dokumentnr.: **52110063-RIGBerg01**

**Til:** Kristiansand Havn IKS

**Fra:** Norconsult

**Dato** 2023-05-08

## ► Teoretisk mengde plast i sprengstein

### Innledning og forutsetninger

I forbindelse med utfylling i havneavsnitt nord i Kristiansand har Statsforvalteren bedt om at det vurderes hvilke mengder plast som kan følge med sprengsteinen som skal brukes til utfyllingen. Følgende notat inneholder en rent teoretisk beregning for plast fra ulike sprengingsopplegg. Beregningene er ikke prosjektspesifikke, men er basert på generelle/typiske sprengningsopplegg.

Ved sprengning benyttes det en del materiell som inneholder plast. Hovedkildene til plast er vurdert å være ledning til tennsystemet, koblingsblokker, tennere, samt buss-wire eller avfyringsslange. Dette er komponenter som benyttes ved hver sprengningssalve. I tillegg vil bruk av foringsrør og patronert sprengstoff være en kilde til plast i sprengsteinen. Dette er komponenter som ikke nødvendigvis benyttes ved hver sprengningssalve.

I det etterfølgende er det estimert teoretisk mengde plast som kan forekomme i sprengstein for tre ulike tilfeller:

1. Storskala pallsprengning.
2. Sprengning for normal produksjon.
3. Tunnelsprengning (full og kort salvelengde).

I beregningene er det forutsatt at det benyttes elektroniske tennere ved sprengning i tunnel og ved sprengning for normal produksjon. Ved storskala pallsprengning er det gjort beregninger med bruk av nonel-tennere (ikke-elektriske tennere) og elektroniske tennere. Dette bidrar også til å vise plastforskjellen mellom de to ulike tennsystemene. Foringsrør benyttes ved ladning i dårlig bergmasse der borhullet kan rase sammen, eller ved vanngjennomstrømning i hullet for å forhindre utvasking av sprengstoff. Patronert sprengstoff kan også benyttes ved vanngjennomtrengning i borhullet. Erfaringsmessig er det sjeldent dette benyttes, og i beregningene i dette notatet er det forutsatt at det ikke benyttes.

I beregningene er det forutsatt at 90% av tennere og ledninger som ligger langs ladestrengen brenner opp eller pulveriseres under sprengningen. Overskytende ledninger er forutsatt at ikke brennes opp eller pulveriseres.

### Estimert mengde plast

For tilfellet med storskala pallsprengning er det tatt utgangspunkt i 12 m dype borhull med fordemningen på 2 m, og bruk av to tennere. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; plast rundt tennere, ledninger og koblingsblokk. For å inkludere plastmengder fra buss-wire/avfyringslange til tennapparat er det regnet med en ekstra lengde på 1 m overskytende ledning for hvert borehull. For storskala pallsprengning er det beregnet teoretisk mengde plast med bruk av både nonel-tennere og elektroniske tennere.

For tilfellet med produksjonssprengning antas 6 m dype borhull, og det benyttes en tenner. Fordemningen er satt til 2 m. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; tenner, ledninger, og koblingsblokk. For

å inkludere plastmengder fra buss-wire er det regnet med en ekstra lengde på 1 m overskytende ledning for hvert borehull. Det er forutsatt bruk av elektroniske tennere.

For tilfellet med tunnelsprengning er det regnet på to tilfeller; 5 m salve og 3 m salve. Plastrestene i sprengsteinen forutsettes å stamme fra; tennere, ledninger og koblingsblokk. Det antas at det forbrukes 50 m busswire for hver salve. Det er forutsatt bruk av elektroniske tennere.

Tabell 1 viser vekten for ulike deler av tennsystemet fra to ulike leverandører. Tabell 2 viser vekt av plast for tennere brukt i beregningene.

Tennsystemer og sprengstoff fra andre leverandører kan ha annen teknisk data.

Tabell 1. Vekt av plast i de ulike delene til elektroniske tennere, fra to ulike leverandører. Tallene er hentet fra [2].

	Elektroniske tennsystem				Nonel-tennsystem	
	1 m intakt ledning	1 m uten plast	Gram plast per meter	Koblingsblokk	1 m slange	Koblingsblokk
Leverandør A	13 g	9 g	4 g	15 g	5 g	7
Leverandør B	6 g	4 g	2 g	5 g	5 g	7

Tabell 2. Vekt av plast i tennere.

Tennere for tunnelsprengning (gj.snitt)	Tennere for sprengning i dagen
11 g	17 g

Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5 viser utregning av plast for de ulike tilfellene. Merk at mengde av sprengsteinsmasser er oppgitt i anbrakte kubikkmeter ( $\text{m}^3$ ).

Tabell 3. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra storskala pallsprengning.

Storskala pallsprengning	Nonel-tennere	Elektroniske tenner
Borhulldiameter	76 mm	76 mm
Hullengde (m)	12	12
Hullavstand c/c (m x m)	2 x 3	2 x 3
Mengde sprengstein per hull, anbrakte (am <sup>3</sup> )	90	90
Fordemming (m)	2	2
Lengde ledning tenner topp (m)	4,8	6
Lengde ledning tenner bunn (m)	15	15
Andel buss-wire/avfyrings slang per hull (m)	1	1
Overskytende ledning per hull (m)	9,8	9,8
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	10	10
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,10	0,12
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,10	0,10
Tennere per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,02	0,02
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,01	0,01
Mengde plast gitt leverandør A (g/am <sup>3</sup> )	0,64	0,70
Mengde plast gitt leverandør B (g/am <sup>3</sup> )	0,64	0,34

Tabell 4. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra produksjonssprengning.

Produksjonssprengning	
Borhulldiameter	64 mm
Hullengde (m)	6
Hullavstand c/c (m x m)	1,5 x 2,5
Mengde sprengstein per hull, anbrakte (am <sup>3</sup> )	32
Fordemming (m)	2
Lengde ledning tenner bunn (m)	7
Andel buss-wire per hull (m)	1
Overskytende ledning per hull (m)	4
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	4
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,13
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,13
Tennere per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,032
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,032
Mengde plast gitt leverandør A (g/am <sup>3</sup> )	1,09
Mengde plast gitt leverandør B (g/am <sup>3</sup> )	0,49

Tabell 5. Utrekning av teoretisk mengde plast i sprengstein fra tunnel med tverrsnitt T10,5.

Tunnelsprengning	Full salve	Kort salve
Hullengde (m)	5	3
Teoretisk areal sprengingsprofil T10,5 (m <sup>2</sup> )	75	75
Mengde sprengstein, anbrakte (fm <sup>3</sup> )	559	336
Antall borhull	130	130
Lengde skyteledning per hull (m)	7	7
Overskytende ledning per hull (m)	2	4
Ledning langs ladestrengen per hull (m)	5	3
Lengde buss-wire totalt (m)	50	50
Overskytende ledning per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,46	1,55
Ledning langs ladestrengen per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	1,16	1,16
Tenner per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,23	0,39
Koblingsblokk per utsprengt masse (stk/am <sup>3</sup> )	0,23	0,39
Buss-wire per utsprengt masse (m/am <sup>3</sup> )	0,09	0,15
Mengde plast gitt leverandør A (g/am <sup>3</sup> )	6,42	13,49
Mengde plast gitt leverandør B (g/am <sup>3</sup> )	2,76	5,99

## Resultater

Estimert mengde plast fra storskala pallsprengning med de angitte forutsetningene er 0,64 g/am<sup>3</sup> sprengt stein ved bruk av nonel-tenner, og 0,34-0,70 g/am<sup>3</sup> sprengt stein ved bruk av elektroniske tenner (avhengig av leverandør av tennsystemet).

Estimert mengde plast fra produksjonssprengning er 0,49-1,09 g/am<sup>3</sup> sprengt stein, avhengig av leverandør av tennsystem. For konturhull vil reell plastmengde bli noe høyere da det benyttes mindre hullavstand.

Estimert mengde plast fra tunnelsprengning er 2,76-6,42 g/am<sup>3</sup> sprengt stein for full salve (5,99-13,49 g/am<sup>3</sup> for halv salve), avhengig av leverandør av tennsystem.

Resultatet fra beregningen, med de forutsetninger og antakelser som er gjort, viser at mengde plast per kubikkmeter sprengt stein vil være lavest ved større/grovere sprengning som er mer typisk for steinbrudd (og storskala veiutbygging). Teoretisk mengde plast fra produksjonssprengning er litt høyere enn for pallsprengning, og teoretisk mengde plast er høyest for sprengstein fra tunnel.

## Diskusjon

Resultatet er rent teoretisk og beregnet ut i fra et begrenset datagrunnlag, og er dermed beheftet med usikkerhet. Tallene er ment som en indikasjon på omfanget av plast i sprengstein.

Teoretisk mengde plast i sprengsteinen vil avhengig av produksjonsmåte og sprengingsopplegg (spesielt borehullsmønster og lengde), og dette vil variere ved ulike salver.

For tunnelsprengning er det antatt et sprengingsprofil T10,5 og 130 hull i salven. Tverrsnitt av tunnelsalver vil variere, og vil påvirke teoretisk mengde sprengstein. Antall salvehull vil også variere, og dersom det benyttes

flere hull vil teoretisk mengde plast øke (tilsvarende vil teoretisk mengde plast minke om det benyttes færre salvehull).

Ved bruk av elektroniske tennere kobles koblingsboksen til en buss-wire som igjen kobles til tennapparatet. Ved bruk av nonel-tennere kobles koblingsblokkene til en avfyringssslange som igjen kobles til tennapparatet. Lengden av buss-wire eller avfyringssslange som forbrukes i en sprengningssalve vil varierer avhengig av sprengingsopplegg og hvor man står når salven avfyres. For beregningene på sprengstein fra tunnel er det forutsatt at det forbrukes 50 m buss-wire for hver salve. For beregningene på sprengning i dagen er det regnet med 1 m lengde av buss-wire/avfyringssslange for hvert borehull. Den reelle lengde av buss-wire/avfyringssslange for en sprengningsslave i dagen (og en gjennomsnittsverdi for lengde per borehull) vil kunne avvike fra denne antakelsen.

Resultatene viser at mengde plast fra storskala pallsprengning teoretisk er lavere enn for de andre tilfellene. Samtidig er det stor forskjell i teoretisk mengde plast avhengig om det benyttes nonel-tennere eller elektroniske tennere. Bruken av elektroniske tennere medfører betydelig lavere plastmengder. En forskjell mellom tennsystemene ved utfylling i sjø er at ledninger til elektroniske tennere i stor grad synker, mens ledninger til nonel-tennere flyter [3].

Det er forskjell mellom ulike leverandører i forhold til mengde plast i ulike komponenter til tennsystemer og materiell brukt til sprengning. I beregningene i dette notatet er det brukt verdier fra [2]. Tennsystemer og materiell fra andre leverandører kan ha annen mengde plast i komponentene, og dermed gi plastverdier som avviker fra resultatet fra beregningene i dette notatet.

Beregningene er basert på en forutsetning om at 90% av materiell som ligger langs ladestrengen brenner opp eller pulveriseres under sprengingen. Det er ikke gitt at dette alltid vil forekomme, og plastrester fra denne delen av borehullet kan både være både høyere og lavere enn denne antakelsen.

Andre potensielle kilder til plast i sprengsteinen er foringsrør og patronert sprengstoff. Dersom det benyttes foringsrør ved ladning av salvene vil dette bidra til økt mengde plast i sprengsteinmassene. Et testforsøk på spredning av plast i sjø fra sprengstein fra tunnel skutt med elektroniske tennere [1] viste at 86,9 % av plasten som ble samlet inn i forsøket ikke stammet fra tennsystemet, men hovedsakelig fra foringsrør og patronert sprengstoff. Det finnes ikke dokumentasjon på hvor mange foringsrør som ble benyttet i forsøkssalvene, men det ble muntlig opplyst om 3-4 foringsrør for én tunnelsalve (med totalt ca.150 salvehull).

I beregningen i dette notatet er det forutsatt at det ikke benyttes foringsrør eller patronert sprengstoff, ettersom dette kun benyttes i spesielle tilfeller. Bruk av foringsrør og patronert sprengstoff vil bidra til plast i sprengsteinmassene.

Sprengsteinmassene kan i tillegg inneholde diverse avfall fra arbeider, slik som rester av emballasje eller folie rundt materiell, dersom dette ikke avfallshåndteres før sprengning.

## Referanser

- [1] Norconsult, «Testforsøk - spredning av plast i sjø fra utfylte tunnelmasser skutt med elektroniske tennere. Aldersundet - Rassikringsprosjekt Rv 17 Liafjell,» 2017.
- [2] Norconsult, «Ytterligere opplysninger i klagesak om utfylling av tunnelmasser i sjø ved Mekjarvik. Rogfast-prosjektet,» 2017.
- [3] Miljødirektoratet, «Problemer med plast ved utfylling i sjø. Faktaark M-1085,» 2018.

J02	2023-05-08	For bruk.	GURBOE	HWB	IGRAU
B01	2023-05-04	For kommentar hos oppdragsgiver.	GURBOE	HWB	IGRAU
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.