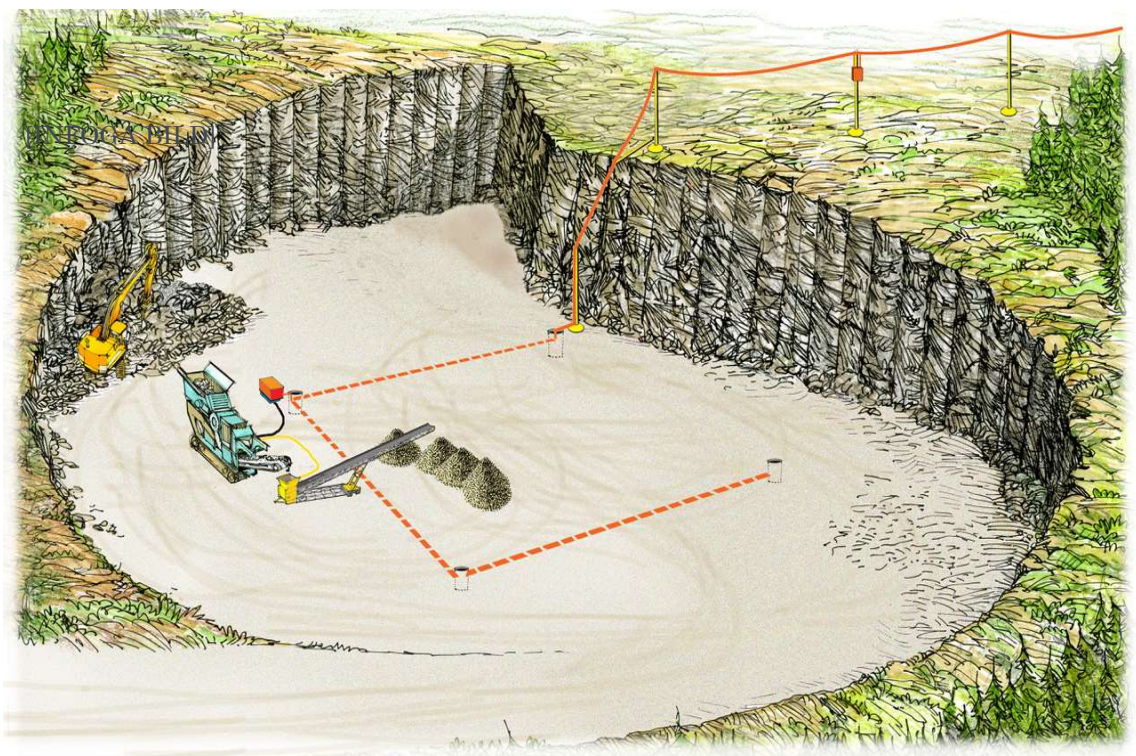


HÅLLBAR SMART ELEKTRIFIERING AV MINDRE BERGTÄKTER



Mobil transformator, högmobilt elektrifierade krossar

2020-10-01

Björn Strokirk, SBMI

FÖRORD

I mars 2019 tog SBMI fram en ”Färdplan Fossilfri Bergtäkt”. Där identifieras flera åtgärder för att fasa ut dieselanvändning i täkter, varav elektrifiering är en.

Många bergtäkter med krossverksamhet stor del av året har redan elektrifierat driften av krossarna – när högspänningsledningar finns med tillräcklig kapacitet och inom rimligt avstånd.

Mindre täkter med krossning en eller två gånger per år har ännu inte kommit ifråga för elkonvertering på grund av att investeringen inte är lönsam ens med stöd av statliga bidrag.

I december 2019 fick detta projekt stöd från SBUF. Projektet syftar till att sänka gränsen för lönsam elektrifiering så att även mindre täkter kan komma ifråga. Projektet kan ses som en förstudie som ger underlag till ett större projekt där tekniken prövas i full skala.

Viktiga medverkande i detta projekt har varit:

Sten Bergman, Stonepower, som varit delprojektledare och givit underlag till de avsnitt i denna rapport som avser elteknik.

Marie Berglund, NCC, som givit underlag till bedömningar av miljövinster.

Louise Hallström, Krossekonomi, som har gett motsvarande underlag vad avser arbetsmiljö.

Krossutskottets medlemmar och kontaktpersoner för de 28 medverkande täkterna (se sid 5) som alla bidragit med egeninsatser. Varmt tack till er alla!

Tack även Marie Norén, NCC, som har burit det övergripande ansvaret för detta projekt.

Jag vill även framföra ett stort och varmt tack till SBUF som visat stort intresse för vårt arbete och som genom sin finansiering möjliggjort det samma.

Stockholm 1 oktober 2020

Björn Strokirk,
projektledare, huvudförfattare

SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Många bergtäkter med krossverksamhet en stor del av året har redan elektrifierat driften av krossarna. I mindre täkter med krossning någon månad per år är dock elektrifiering inte lönsam idag ens med stöd av statliga bidrag då investeringen i transformator m m kostar för mycket.

Men om transformatorn kan göras mobil så kan kostnaden för denna delas på fler täkter och ekonomin förbättras. Sådana lösningar har dock ännu inte testats i praktiken.

Konceptet mobil elektrifiering har flera fördelar jämfört med hur större täkter har elektrifierats hittills:

- Om mobila nätanslutna krossar matas av grävmaskin – istället för att stenmaterial bärs lång väg med hjullastaren till fast uppställda nätanslutna krossar – blir matningen av krossen energisnålare.
- Diesel-elektriska mobila krossar får el från en mobil transformator
- Med stackläggare istället för hjullastare kan även lagerläggningen bli energieffektivare och fossilfri.

Projektet har i nära samverkan med branschen utvecklat nya koncept för mobila elsystem i mindre bergtäkter och kostnadsberäknat dem.

Om gränsen för lönsam elektrifiering kan sänkas så att även mindre täkter kan komma ifråga, så är den potentiella miljövinsten mycket stor – flera 10 000-tals ton CO₂ e per år.

Slutsatsen av projektet är att högmobil elektrifiering är möjlig, att minst en anläggning med tre inblandade täkter bör komma i drift under 2021 samt att beräknade miljö- och arbetsmiljövinster i dessa anläggningar då kan verifieras.

Om dessa demoanläggningar fungerar väl, bör teknikspridningen därefter ska gå snabbt i branschen.

INNEHÅLL

PROJEKTANSÖKAN NOV 2019:	4
1 MÖJLIGA PROVTÄKTER, EFFEKTTILLGÅNG & -BEHOV	5
EFFEKTBEHOV FÖR OLIKA MASKINER I TÄKT	6
DRIFTMODER	6
ENERGI OCH EFFEKTBEHOV	6
STARTSTRÖMMAR	7
TRANSIENTER, ÖVERTONER OCH VARIATIONSMÖNSTER	7
BEHOVET AV REAKTIV EFFEKTKOMPENSERING.....	7
SLUTSATSER.....	8
2 – TEKNOLOGIUTVECKLING APPLICERBAR FÖR TÄKTER	8
3 – KONCEPT FÖR KROSSVERKSAMHET	9
STATIONÄRT SYSTEM.....	9
SEMIMOBILT SYSTEM.....	9
HÖGMOBILT SYSTEM	9
VIKTIGA ELSÄKERHETSFRÅGOR I ETT HÖGMOBILT ELEKTRIFIERAT SYSTEM	9
3.1 FAST TRANSFORMATOR 10 kV/1kV, LÅGSPÄNNINGSKABEL 1 kV OVAN MARK	10
3.2 HÖGSPÄNNING TILL MOBIL TRANSFORMATORMODUL PLACERAD I TÄKTEN	11
3.3 BATTERIBUREN ENERGI TRANSPORTERAD PÅ SLÄP	12
3.4 PRELIMINÄR EKONOMISK JÄMFÖRELSE MELLAN DE TRE KONCEPTEN.....	13
4 – ANSLUTNINGSAVGIFTER OCH AVKOPPLINGSBAR HÖGSPÄND ELSTRÖM	14
ELNÄTSKOSTNADER.....	14
MÖJLIGHET OCH KOSTNAD ATT AVBRYTA ABONNEMANG UNDER ICKE PRODUKTIONSPERIODER	14
KOSTNAD FÖR UTTAG AV REAKTIV EFFEKT	14
ENERGIKOSTNAD.....	14
5 – FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MOBILA STACKLÄGGARE	15
6 – FÖRBÄTTRINGAR FÖR MILJÖ OCH ARBETSMILJÖ	16
MILJÖ.....	16
ARBETSMILJÖ	16
BILAGOR:	17

PROJEKTANSÖKAN NOV 2019:

Problemet: Mindre tåkter med krossning en eller två gånger per år har ännu inte börjat konvertera till nätdrift på grund av att investeringen ännu inte är lönsam, ens med stöd av befintliga bidrag. Mindre tåkter använder idag dieseldrivna generatorer för att förse krossar och siktar i tåkten med el. Konsekvensen är höga kostnader och stor klimatbelastning. Enligt SGU stod 2016 tåkter med mindre produktion än 300 000 ton för 60 % av årsproduktionen av ballast (26 % hade under 100 000 ton).

En orsak är att kostnaderna för transformatorer, ställverk, m.m. blir hög per krossat ton räknat. Även anslutningsavgiften blir hög då elnätsbolagen betraktar tåkten som en "normalkund" med effektbehov hela året – även under vintern (trots att ingen krossverksamhet pågår då).

Historik för problemet: Användningen av mobila dieseldrivna krossar har ökat sedan 1980-talet och är helt dominerande i mindre tåkter.

Vad man gör idag: Några tåkter har börjat använda HVO/RME, men konkurrensen om biodiesel lär öka liksom priset. Den begränsade mängd biodiesel som kan produceras bör användas i maskiner som inte är möjliga att elektrifiera med dagens teknik. Hit hör inte krossar och siktar.

Elektrifiering av gruvor visar på tekniska möjligheter, men gruvor har större tonnage och driver sin verksamhet i treskift sju dagar i veckan (dvs 21 skift per vecka) medan stora tåkter driver krossverksamhet i ett skift under fem dagar i veckan året runt.

Mindre tåkter krossar i en à två kampanjer per år om cirka två månader vardera. Om inte utrustningen görs mobil och kan flyttas mellan olika tåkter, så förblir elektrifieringen av små tåkter olönsam.

Mål för arbetet: Målet är att som en del i SBMIs Färdplan för fossilfri konkurrenskraft i fas 1 utveckla en "modulariserad" modell för mobil elektrifiering, som i en senare fas kan testas och verifieras, så att även medelstora och små tåkter kan komma ifråga för konvertering från dieseldrift till eldrift. Lyckas det är potentialen att kunna reducera klimatbelastningen mycket stor. En grov uppskattning är att diesel förbrukningen för krossar helt kan elimineras, medan materialtransport i tåkt kan effektiviseras i varierande grad.

Vad ska egentligen undersökas?

I fas 1 – denna förstudie – ska undersökas:

- 1 möjliga provtåkter samt aktuella maskiners effektbehov och belastningsprofil - intresseförfrågan utskickad till SBMIs medlemmar hösten 2019. 28 tåkter anmälde intresse. Urval därefter: 25 tåkter kan ansluta till nätet.
- 2 teknologiutveckling applicerbar för tåkter (omvärldsanalys)
- 3 hur ett koncept för mobil elektrifiering kan utformas med hänsyn till gällande regelverk för hög- och lågspänning, kostnadsuppskattning och behov av teknikutveckling
- 4 om en nationell modell för att ansluta bergtåkter till elnätet kan skapas och regler för att köpa avkopplingsbar högspänd ström kan utformas
- 5 förutsättningar för aktörskonstellationer vad gäller elektrisk utrustning, mobila transportörer (stackläggare) tåktägare, elnätsbolag, m fl, (inför fas 2)
- 6 förbättringar vad gäller miljö och arbetsmiljö uppskattas (för verifiering i fas 2)

1 MÖJLIGA PROVTÄKTER, EFFEKTTILLGÅNG & -BEHOV

Nedan listas intresserade täkter. Det inbördes avståndet mellan täkter som samverkar om gemensam utrustning bör inte vara mer än 15 mil –20 mil. Därför kan i nästa steg, demoanläggningar, samverkan behöva sökas med gemensam kross-undertreprenör (UE) och intresserade täkter. De flesta täkterna har listat sina maskiner i **bilaga 1**.

	<u>Täktnamn</u>	<u>Kommun</u>	<u>Ägare</u>	<u>Effekt kVA</u>	<u>Prod / år ton o veckor</u>
1	Strömsberg	Tierp	Jehander	1 000	135 kt 12 v
2	Norrsätra	Sollentuna	ABT-bolagen	1 000	205 kt 35 v
3	Kungsängenkross	Upplands-Bro	ABT-bolagen	1 000	175 kt 27 v
4	Ullna Återvinning	Täby	ABT-bolagen	efter 2022	
5	Kolmetorp	Motala	NCC	1 000	170 kt 8 v
6	Gökhem	Falköping	NCC	1 000	300 kt 28 v
7	Kalsås	Uddevalla	NCC	1 000	100 kt 9 v
8	Älvnäs	Ekerö	NCC	800	100 kt 15v
9	Sneby	Enköping	NCC	6 000	400 kt 31/8 v
10	Tranås	Tranås	NCC	1 000	150 kt 13 v
11	Wallhamn	Stenungsund	NCC	HSP finns	130 kt 15 v
12	Orrliden	Skellefteå	MTAB	500/800	70 kt 10 v
13	Daglösten	Skellefteå	MTAB	500/800	105 kt 15 v
14	Bygdsilum	Skellefteå	MTAB	500/800	105 kt 15 v
15	Bodbyn	Skellefteå	MTAB	500/800	70 kt 10 v
16	Alkvittern	Robertsfors	MTAB	500/800	105 kt 15 v
17	Bro	Gotland	Gotlands Åkeri	500/800	140 kt 17 v
18	Etelhem	Gotland	Gotlands Åkeri	500	170 kt 25 v
19	Täglings	Gotland	Roma Grus	efter 2022	
20	Tibble	Gotland	Roma Grus	cirka 2021	
21	Rönnbäcken	Skellefteå	Skanska	1100	450 kt 45 v
22	Sälgsjön	Gävle	Skanska	1100	300 kt 39 v
23	Erikslund	Västerås	Skanska	1000	250 kt 8v
24	Bugärde	Härryda	Skanska	800	430 kt 50v
25	Bleckenstad	Mjölby	Swerock	1000	125 kt 20 v
26	Kimme	Boxholm	Swerock	520	100 kt 15 v
27	Hagby	Vagnhärad	Swerock	1000	300 kt 52 v
28	Hagnesta	Nyköping	Swerock	1000	200 kt 40 v

Effektbehov för olika maskiner i täkt

För att kunna optimera elsystemet på bästa sätt är det viktigt att veta hur energi och effektbehovet varierar imed avseende på maskintyper och driftförhållanden - både normal och onormal drift.

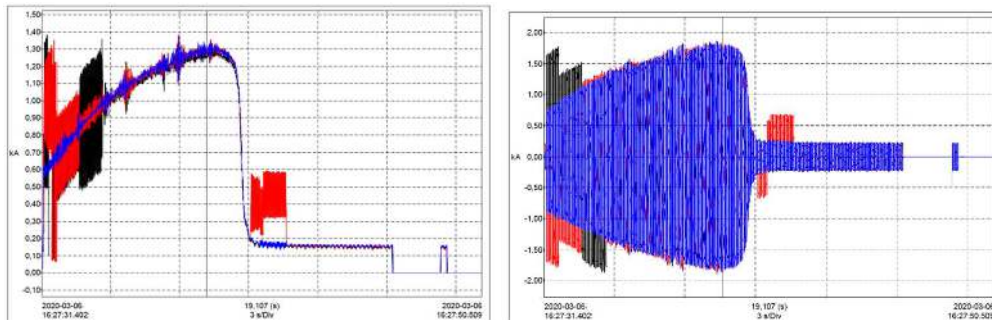
Mätningar på bergkrossar av olika typer och fabrikat har genomförts under 2020. Mätningar har syftat till att kartlägga maximala strömmar, effekter, reaktiva effekter, effektfaktorer. Avsikten är att kunna bedöma hur elsystem ska dimensioneras på ett optimalt sätt.

Genom att studera data från dessa mätningar, se [bilaga 2](#) - kan vissa specifika uttalanden göras.

Driftmoder

Startströmmar är stora, i vissa fall vid direktstart upp mot 1800 A, under några sekunder. Med växelriktare blir startströmmen mindre. Omkopplingar mellan växelriktare och direkt nätstart kan ske när anläggningen kommer upp i varv och är normalbelastad. Detta orsakar ytterligare strömspikar, men dessa är betydligt mindre än vid direktstarten. Transienter kan uppgå till ca 600 A.

En del krossar är utrustade med s.k. ”mjukstartare”. Strömförloppen vid start blir härmed något dämpade, men kan också uppgå till närmare 1 200 A eller mer under en kort period (ca 5 sek). Detta innebär en reduktion med närmare 60% jämfört med startströmmen under direktstart.



Vågforsanalys (6) som visar strömmplitud vid mjuk-start av konkross 200 kW

I onormala driftlägen kan en kross behöva starta med bergmaterial fylld i krossen. I dessa fall krävs ett större startmoment och strömmarna blir därmed högre än vid en normal start. I en del fall ”vaggas” krossen igång, genom att omväxlande köra den i fram och backriktningen.

Mätningar med igångsättning mot fylld kross har skett i Ljungby och i Dalsland. Startförloppen är liknande vanlig start, ca 1 200 A, därefter några högre pulser med 900, resp. 800 A innan krossen kommit igång och återgår till normal krossning.

Energi och effektbehov

Intressanta frågor ur ekonomiskt och tekniskt perspektiv är hur mycket energi krossen behöver samt hur stor effektvariation den uppvisar. Ur driftmodsmätningarna framgår att vissa krossar kör under begränsad tid. Dvs belastade under några timmar och i princip tomgående under längre perioder. Detta påverkar medeleffekten men inte maximala effekttuttag.

Ur mätningar från Dylta m.fl. (Luleå 2017) bergtäkter kunde man konstatera att energibehovet för krossning uppgick till 1,1–3,1 kWh/ton bergmaterial. I följande analyser har värdet **2,0 kWh/ton** bergmaterial använts för jämförelse mellan diesel och elbehov i mobil täkt.

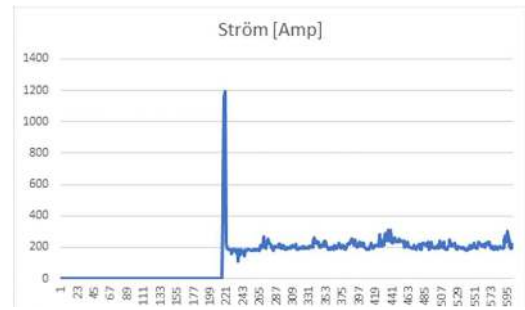
Mätningarna påvisar att den reaktiva effekten som krävs i tomgång många gånger är i samma storleksordning eller högre än det faktiska aktiva effektbehovet. Detta gör att effektfaktorn kan bli mycket låg i obelastat tillstånd. (Mätningar visar ner mot $\cos \phi$ värden på 0,5.) I fallet med dieseldrift torde detta då svara mot en tämligen låg verkningsgrad hos dieselagregaten.

Ur de mätningar som återfinns i bilaga 1 kan den skenbara effekten uppskattas vara närmare 50–60 % större än den aktiva effekten. ($\cos \phi = 0.6$) och om ingen reaktiv effektkompensering sker, innebär detta normalt en överdimensionering av kablar, transformator, elabonnemang och installerad effekt.

Startströmmar

Startförloppet av en kross är i regel en process som enbart tar några sekunder. De asynkronmotorer som används drar dock under detta förlopp mycket mer ström än de kommer att behöva under krossförloppet. I de genomförda mätningarna i bilaga 1 framgår bl.a. följande; startströmmar varierar mellan 1 700 A och 2 000 A. Detta svarar mot ett ”tillfälligt” maxeffektbehov om 830 kW - 1 380 kW.

Tumregler säger dock att maximala strömmen ligger runt 2,5–3 ggr det som maskinens märkdata anger. En kross med 300 kW märkeffekt borde således uppvisa en maximal startström på närmare 1 100 A – 1 300 A.



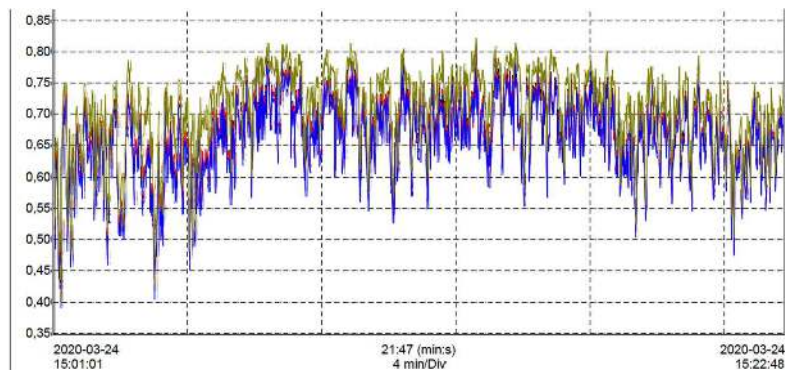
Startström för en Jonsson dubbelkross

Många av SBMIs medlemsföretag har erfarenhet av fast elektrifiering av bergtäkter. Efter att maskiner ställts upp på fasta positioner och anslutits till nätet väljer man alltid att starta den största elmotorn först och att därefter starta övriga maskiner efter fallande effektbehov. På så sätt håller man nere effektbehovet. Erfarenhetsmässigt menar Krossutskottet inom SBMI att **behovet av abonnerad effekt är summan av maskinernas märkeffekter gånger en faktor 0,7 ~ 0,8.**

Transienter, övertoner och variationsmönster

Krossningen sker inte helt lugnt, utan mer stokastiskt. Ett troligt förlopp är att krossningen sker successivt med i början höga variationer, som i slutet av krossförloppet minskar. Vid pålastning upprepas processen. Av detta skäl kan pålastningsfrekvensen ofta utläsas ur mätdata och har i flera fall uppmätts till ca 30–40 sek. Detta visas bl. a. som både spännings- och strömvariationer. Ur flera mätsekvenser framgår därför att krossningsförloppet i början är mer effektkrävande än efter en viss tid. Effektbehovet styrs vidare av hur mycket och vilket material som lastas i krossen vid varje tillfälle.

Genom att studera bl.a. effektfaktorn, som beskriver förhållandet mellan aktiv och skenbar effekt kan vi få en uppfattning om krossförloppet. I mätdata serien (mätning 2) framgår följande.



Effektfaktor vid mätning nr 2 på Konkross 200 kW

Mätdata, även hårt filtrerad, genom 10-min medelvärden, visar att långsammare effektvariationer (max-min) kan uppgå till flera hundra kW.

Behovet av reaktiv effektkompensering

I tomgång drar en kross ytterst lite aktiv effekt, men det krävs reaktiv effekt för att magnetisera motorlindningarna. Vid högre last kommer den aktiva effekten att dominera. Effektfaktorn ökar i detta fall mot ett värde högre än 0,95. Under krossning, med variation i krosseffekt kommer effektfaktorn också att uppvisa stora variationer. En aktiv effektvariation på 300 kW kan mycket väl följas av en lika stor reaktiv effektvariation. Effektfaktorn i detta fall torde då närma sig 0,5–0,6.

Mätt över längre tider kan effektfaktorn således komma att ligga väldigt lågt. Mätningar i Dylta bergtäkt (Luleå 2017) visade medelvärden av effektfaktorn på närmare 0,62.

Slutsatser

Från mätningarna redovisade i bilaga 1 kan följande slutsatser dras:

Transformatorer i bergtäkter är i regel överdimensionerade för att klara startströmmar och reaktiva effekter. En 20–30 % mindre transformator räcker i de flesta fall, vilket minskar transformatorförlusten.

Reaktiva effekter kan kompenseras genom lokal anslutning av kondensatorbatterier eller via anslutning av större energilagrar i växelriktarnas mellanspänningsled. Genom detta kan effektfaktorn förbättras och energiförluster i transformator och kablar reduceras.

Driftdata visar på relativt stora **effektvariationer** i uttagen effekt. Medeleffekt om ca 20–30 % av maximal topp effekt är inte ovanligt. I vissa fall skulle lokala energilagrar, t ex Li-jon batterier med kapacitet om ca 1–10 kWh, kunna utjämna effektvariationerna på nätsidan. Det skulle därmed kunna sänka kravet på anslutningseffekter om detta är en begränsande faktor för täkten. Energilagrar kan även utjämna andra driftvariationer och verka filtrerande på anslutningens elkvalitet.

I de fall **växelriktare** används för moment/varvtalsstyrning kan mjukstarter ske. Växelriktarna ger även mindre nätpåverkan men kan ge upphov till övertoner. I många fall kopplas växelriktarna bort efter start, då dessa står för en del effektförluster (5–10 %) och dieselgenerad el är kostsam.

Transienter förekommer i regel vid inkoppling av krossutrustning. Startströmmar hanteras idag av de överdimensionerade dieselgeneratorer, som finns på maskinerna. Övriga transienter och **övertoner** härrör i regel från krossförloppen. Övertoner genereras även i viss mån från växelriktarutrustningen.

2 – TEKNOLOGIUTVECKLING APPLICERBAR FÖR TÄKTER

Batteritekniken uppvisar fortfarande en stark expansion både vad gäller FoU och produktionsteknik. Antalet stora batterifabriker ökar varje år. Succesiva förbättringar kommer att pressa batteripriserna – kanske snabbare än vad många experter förutspår. Detta kommer att öppna upp för nya applikationer.

Idag är inte batterier konkurrenskraftiga i pris, men på **medellång sikt (2–5 år)** kan diesel kompletteras med lokala energilagrar (batterier). Detta skapar även möjlighet att täktägarna i vissa fall egenproducerar el via förnyelsebara källor (sol, vind, biomassa/biogas, vätgas).

Batteritekniken, som just nu implementeras för att erbjuda större flexibilitet på elmarknaden kommer på medellång sikt att bli allt billigare. Här finns stort utrymme för innovationer.

Bränsleceller har kommit och gått sedan 1980-talet. Stora forskningsinsatser har lagts på detta område under lång tid. Från att ha bromsat in under det senaste decenniet är nu satsningarna på väg tillbaka igen. Skälet heter materialutveckling och processteknik. Antalet komponenter i en bränslecell har drastiskt reducerats bara under det senaste decenniet.

Bränsleceller är elektrokemiska konstruktioner som omvandlar den energi som finns lagrad i ett bränsle till elektrisk energi. Det sätt på vilket bränsleceller omvandlar energin ger ungefär dubbla verkningsgraden jämfört med en explosionsmotor. Väte i bränslecellen kombineras med syre från omgivande luft och leder till värme respektive elproduktion. Restprodukten är vatten.

På grund av sin konstruktion, med vattenmolekyler funktionellt inkommerade i elektrolytmaterialet, arbetar de vid en förhållandevis låg temperatur, strax under kokpunkten för vatten (100 C).

För effektanpassningens skull kombineras bränslecellen i bränslecellsfordon med mindre batteripack eller superkondensatorer, vilka absorberar snabba svängningar i effektbehovet.

På lång sikt (>10 år) ses den snabba batteri- och bränslecellsutvecklingen som en möjliggörare. Kostnaden för batterier och bränsleceller är stadigt på väg ner. Nya småskaliga och lokala, men ytterst effektiva elektrolysörer, skapar via vätgasproduktion och kompakta bränsleceller förutsättningar för helt mobila energisystem, vilka lätt kan flyttas mellan täkter.

Sådana kompakta energisystem kan i en framtid delas mellan olika användare vilket indikerar attraktiva affärsmodeller för inte bara täktbranschen utan även andra aktörer.

En större genomgång av utvecklingstrender återfinns i **bilaga 3**.

3 – KONCEPT FÖR KROSSVERKSAMHET

Stationärt system

Flera täkter har ställt upp mobila krossar på en fast etableringsplats dit man samtidigt låtit dra fram nätel i nedgrävda kablar, installera kopplingskåp osv. Anläggningen är ur driftsynpunkt stationär även om det går att frikoppla krossarna från kablarna så att de blir mobila igen.

Semimobilt system

Krossarna på bilden intill finns i Västsverige. När de kommer till en täkt bygger man på några timmar upp en ramp så att hjullastaren kan tippa det okrossade berget från salvan i förkrossen. Under hela den tid det tar att genomföra kampanjkrossningen, t ex 1–2 månader, står alla krossar på samma ställe. När kampanjkrossningen är färdig flyttas maskinerna till en ny täkt.

När de återkommer till täkten efter nästa sprängning bygger man en ny ramp nära den nya salvan.

Anläggningen på bilden är dieseldriven, men den skulle kunna drivas elektriskt med kablar liggande på mark som flyttas dit där krossarna står.



Högmobilt system

Idag är de flesta krossanläggningar högmobila: förkross och grävmaskin flyttas varje dag (eller oftare) till en ny position i förhållande till salvan, allt eftersom berget i salvan krossas upp. Idag finns såvitt känt inget högmobilt elektrifierat system i drift. Att få ett sådant system att fungera är **projektets stora utmaning**. Systemet måste vara så driftsäkert och lätthanterat att det accepteras (uppskattas) av de som jobbar i täkten.

Viktiga elsäkerhetsfrågor i ett högmobilt elektrifierat system

Ett flertal viktiga elsäkerhetsfrågor har identifierats i projektet. De frågor som är mest intressanta för en täktägare rör behörigheten för elarbeten och eventuella systemanpassningar. SBMI gav därför **Sweco** i uppdrag att **utreda följande frågor**:

Högspänningsregler (över 10 kV)

1. Nätbolagets respektive kundens ansvarsfördelning i leveranspunkt?
2. Manuellt till/frånslag av elanläggningen – får man själv bryta strömmen vid 10 kV?
3. Vilka regler gäller för hjulburen trafo-container?
4. Får man flytta en högspänningskabel ovan mark inom täkt när den är spänningssatt?
5. Får man själv gräva ner och återfylla runt en högspänningskabel inom täkt? Vilket djup krävs och vilka krav på återfyllnadsmaterial?
6. Föreskrifter när det gäller var och hur systemjordning ska/bör ske vid 10 kV?
7. Får man ansluta ”handske” till 10 kV?

Lågspänningsregler (under 1 kV)

1. Öppen kabelförläggning ovanpå egen privat mark – vilka regler gäller för liggande kabel på mark? Hängande kabel i stolpar?
2. Får man ansluta handske till 1 kV? Får man ansluta kopplingar som skruvas ihop?
3. Föreskrifter när det gäller var och hur systemjordning ska/bör ske vid 1 kV?

Nedanstående förslag har utformats med hänsyn till Swecos utredning – se bilaga 4.

Vanligen besöker en mobil krossanläggning 5–7 täkter varje år. I kostnadskalkylerna på sidorna 10, 11 och 12 utgår vi dock från att utrustningen endast används i 3 olika täkter per år.

Detta grundas på befarad svårighet att identifiera tillräckligt många små- och medelstora täkter som är intresserade av elektrifiering inom ett rimligt inbördes avstånd (15–20 mil).

3.1 Fast transformator 10 kV/1kV, lågspänningskabel 1 kV ovan mark

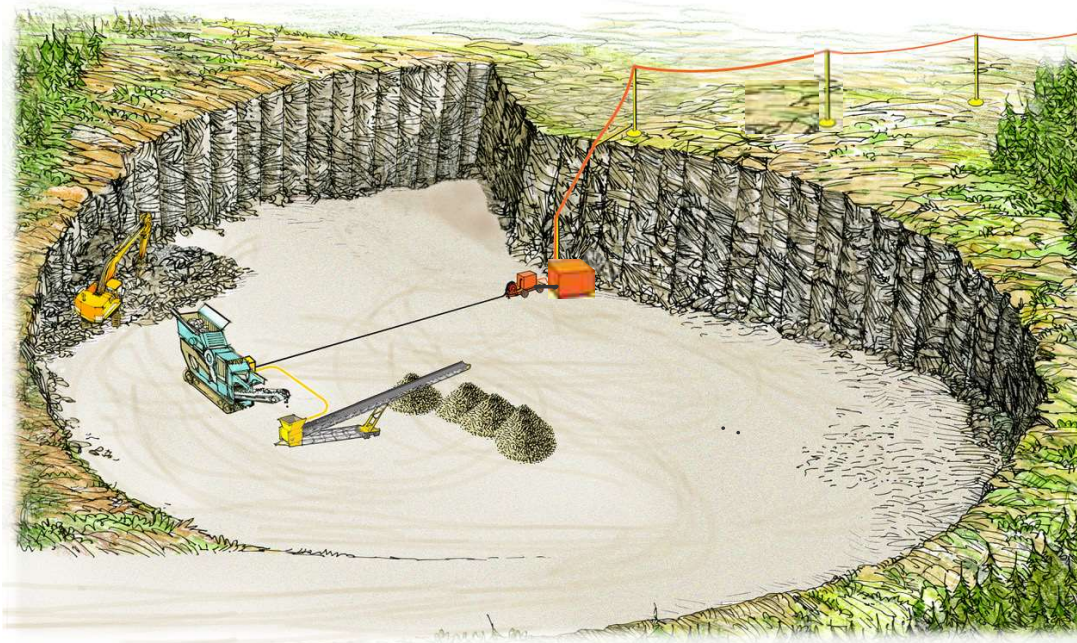
Nätbolagets mottagningspunkt etableras ofta nära täktgränsen, men en placering nere i täkten eller inom kundens markområde kan diskuteras med nätbolaget. Anslutningskostnaden varierar med avstånd till kraftnät, m m. Mottagningsstationen består av fränskiljare, automatik och nätbolagets debiteringsmätare. Om man väljer en fast transformator som nedan kan mottagningsstationen integreras med transformatorn.

I täkten placeras en transformatorstation inbyggd i en standardcontainer. Den innehåller fack med transformatorn av torrisolerad typ för **800 kVA** för transformering från 22/11 kV till 1 kV, samt olika utgående lågspänningsfack. Här ingår mellanspänningsbrytare, kopplingsutrustning skenstråk, säkringar och skyddsutrustning. Sådana stationer finns att tillgå på marknaden.

I stationen placeras klimatsystem för temperaturreglering och vid behov kondensatorbatterier för reaktiv effektkompensering och eventuellt fläkt med filterad luft med övertryck för dammskydd. En mindre lågspänningstransformator för hjälpkraft kan installeras vid behov.

Elanläggningsansvar på högspänningssidan fram till lågspänningsbrytare kan överlåtas till extern firma.

I både exempel 3.1 och 3.2 går från transformatorn till krossen kablar ovan jord (1 kV) som ska kunna rullas upp på trumma inför förflyttning till annan täkt. Dessa kopplas till kross och transformatorstation med hjälp av kopplingsdon ("handske") som kräver nödvändig kännedom, men ingen särskild behörighet.



Figur: 3.1 Högspänning 10 kV röd till container. Lågspänning 1 kV svart och 400 V gul.

Lågspänningskablage (1 kV) dras fram till krossutrustningen. På kross monteras transformator 1/0,4 kV som direktansluts. Frågan om val av kabelmaterial, m m bör utredas vidare.

Baserat på **budgetofferter** som erhållits uppskattas kostnaden enligt nedan:

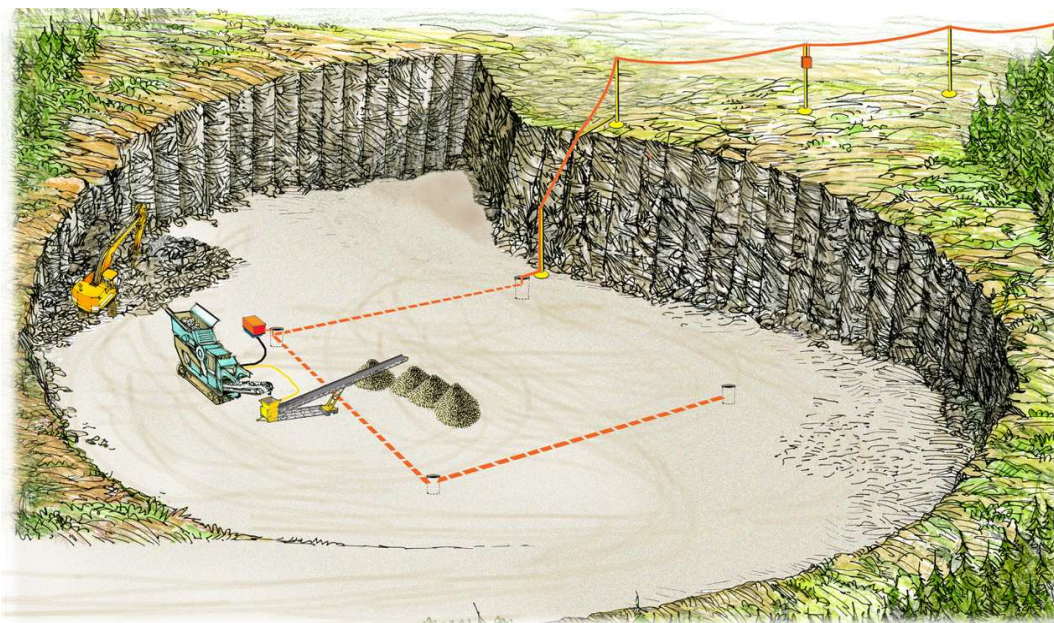
Enhet	Kostnad (tkr)
Anslutningskostnad per täkt (200 tkr + cirka 800 kr/m)	700 - 1 500
Transformatorstation 800 kVA 10 kV/1 kV med mottagningsstation	1 100
2 markkablar 1 kV 2 x 200 m + fördelningsskåp	350
2 kablar på vindor 1 kV 150 m = 900 tkr (delas på tre täkter)	300
2 transformatorer 1 kV/ 400 V = 500 tkr + omkopplare 100 tkr (delas på 3)	200
Stackläggare 1 500 tkr (delas på 3)	500
TOTALT /Per täkt	3 100 – 4 000

3.2 Högspänning till mobil transformatormodul placerad i tåkten

Konceptet omfattar en mottagningsstation vid tåktgräns och en flyttbar transformatormodul i tåkten. Helst ska denna vara placerad nära krossutrustningen för att minska längden av lågspänningskabeln. De krossar som för närvarande är tilltänkta har effektbehov upp mot 300 kVA. Strömbehovet vid normaldrift torde då uppgå till ca 430±220 A. Startströmmar kan uppgå till 1 200–2 000 A under några sekunder. Detta alternativ liknar föregående 3.1 men här är transformatorn mobil och delas mellan flera tåcter.

Konceptet innebär att högspänningsdelen görs med två eller flera uttagspunkter i mark ("brunnar"). Fördelen med denna elektrifiering är att kostnaden för transformatorpaketet kan delas och att lågspänningskablagen kan minimeras. Nackdelen kan vara att vid omflyttningar kan tillgång till högspänningsbehörig elektriker bli ett problem som gör att verksamheten inte kan starta eller inte kan flytta vidare så snabbt som man önskar.

Elanläggningsansvar för högspänningsidan och inkoppling på 10 kV kan överlåtas till extern firma.



Figur: 3.2 Högspänning 10 kV röd till container. Lågspänning 1 kV svart och 400 V gul.

Mottagningsstation placeras nära tåktgränsen, Från denna dras en universalkabel 10 kV ner i tåkten. Kabeln förläggs företrädesvis i mark nere i tåkten, men man kan även hänga kabeln på flyttbara stolpar. Alternativen blir många men kommer troligtvis begränsas av tåktens topografi.

Baserat på **budgetofferter** som erhållits uppskattas kostnaden enligt nedan:

Enhet	Kostnad (kSEK)
Anslutningskostnad per tåkt (200 tkr + cirka 800 kr/m)	700 - 1 500
Mottagningsstation inkl. frångiljare, mätning etc. (fast)	250
Högspänningskablage 95 mm ² 1 000 m exkl. stolpar och arbete	400
Transformator 800 kVA 10/ kV med brytare etc. 900 (delas på 3)	300
2 kablar på vindor 1 kV 150 m 900 tkr (delas på 3)	300
2 transformatorer 1 kV/ 400 V = 500 tkr + omkopplare 100 tkr (delas på 3)	200
Stackläggare 1 500 tkr (delas på 3)	500
TOTALT	2 600 – 3 500

3.3 Batteriburen energi transporterad på släp

Detta koncept omfattar en batteri- och omformarmodul i tåkten. Batteridelen kan kopplas loss och laddas på annan plats. Batteribyte sker det en eller två gånger per dygn – då krävs två batterimoduler. Uppskattningsvis kommer vår ”modell-tåkt” att förbruka 2,7 MWh per dag.



Fig. 3.3. Mobilt batterilager i tåkt

Genom denna lösning slipper man all form av ”traditionell elektrifiering”. Dagens dieslaggregat ersätts helt enkelt med ett eller flera stora batterier och en omformare till växelström.

Dieslaggregatet kan ses som en standby eller startutrustning. Detta besparar således nätanslutning, elektrifiering inom tåkten och elnätbolagens kostnader. Systemet blir säkrare eftersom inga kablar dras fram där fordon och maskiner finns etc. Enda driftkostnaden för systemet är köp av el i laddningspunkten (lågspännings-tariff) och investering i batterisystemet, samt lågspännings-kablage till krossutrustning.

En viktig aspekt är här att någon framdragnings av el till tåkt, som i tidigare fall uppskattats till 1,5 MSEK **inte behöver ske!**

Uppskattade kostnaden enligt nedan:

Enhet	Kostnad (kSEK)
Batterimoduler 1,5 MWh. Uteffekt max 1,2 MW. Laddas ca två gånger per arbetspass (inom 10 tim). Antaget pris idag (2020) är 960 Euro/kWh. Kostnad 14 400 tkr (delas på 3)	4 800
Kablage samt anslutningar 2*50 m 150 tkr (delas på 3)	50
Anslutning till mobil likriktare 150 tkr (delas på 3)	50
Stackläggare 1 500 tkr (delas på 3)	500
TOTALT (Laddstation vid kraftledning tillkommer)	5 400

OBS! Kostnadsbilderna efter 2024 torde innebära att investeringen sjunker till drygt 3 Mkr/tåkt

Dagens batteripriser (på packnivå) uppgår till ca 960 Euro/kWh. Dessa beräknas dock redan 2024 vara under 500 USD/kWh. Batteripriser förväntas därmed minska med ca 10 % per år de kommande åren.

En aspekt kring batteriladdningen är att storleken på batterilagret (2,7 MWh/arbetspass) kan göras på flera olika sätt. Med halva batterikapaciteten och parallell laddning är det möjligt att tillhandahålla energibehovet. I detta fall krävs dock en fördyrande logistiklösning.

Det finns emellertid många fördelar med batterikonceptet. Man kan komma igång direkt. Inga ansökningar. Inga behörighetsproblem. Inga nätanslutningar. Men som sagt man måste lösa laddningsfrågan. Kostnaden för elenergin kan dock bli lite högre, men även här finns möjligheter till avtal med leverantörer.

Förutom vad som beskrivs här finns i fallet batteridrift många grader av hybridisering med befintlig dieselmotorkraft, liksom med mobil egen elkraftproduktion. Små mobila solcellsanläggningar upp mot 100 tals kW är idag kostnadseffektiva.

Om batterispåret kan bli aktuellt för en demonstration finns troligen en möjlighet att också få statligt bidrag via antingen Klimatklivet, vilket gäller även för koncept 3.1 och 3.2 om ROI > 5 år och det ger > 1 kg CO₂ per krona, eller som ett forskningsbidrag från Energimyndigheten. En 50 % delfinansiering innebär att detta koncept i så fall kommer att framstå som den billigaste och kanske bästa metoden!

3.4 Preliminär ekonomisk jämförelse mellan de tre koncepten

De två första koncepten innebär i princip en traditionell lösning men med en högre komplexitet då systemen görs flyttbara.

Den varierande graden av mobilitet innebär att kostnaden ökar marginellt när fler delar görs fast monterade. I gengäld vinner man handlingsfrihet och enkelhet. Säkerhetsaspekterna är de samma men möjligen kan tåktägaren uppleva en förbättring.

- ROI, dvs återbetalningstiden, för elektrifiering av **tre tåktakter** uppskattas till ca 7-9 år. Bidrag från Klimatklivet kan minska ROI till 5 år.
- För batterilösningen uppgår ROI i dagsläget till 18 år för tre tåktakter med dagens relativt höga batteripriser. Med uppskattade priser efter 2023 kan dock ROI minska till **11 år** för tre tåktakter. Skulle statliga miljöbidrag kunna erhållas blir ROI troligtvis runt 5 år.

Vissa tåktakter, långt från elnätet, har högre elanslutningskostnader. Likaså kan förändringar av drivmedelspriser påverka batterilösningens attraktionsgrad, liksom den accelererande batteriutvecklingen, vilken pekar mot en kraftig kostnadsreduktion, när planerade batterifabriker kommer i full produktion

Vad som skiljer batterilösningen från 3.1 och 3.2 är att med antagen krossning om ca 100 kt krossning under 10-12 veckor i tre tåktakter, är att ett batterilager kan erbjuda **alternativanvändning** under ca **20 veckor** per år. Ett möjligt scenario kunde vara att tåktägaren hyr/leasar utrustning enbart under krossveckorna. Då kan ROI sjunka ned till 5-6 år eller lägre beroende på aktuella anslutningskostnader.

Flera faktorer kommer dock in i bilden förutom de rent tekniska. För batterialternativet bör laddningsmöjlighet föreligga inom en radie från tåkten på högst 4-10 km med tanke på laddningscykler etc.

OBS: Batterierna kan dessutom användas under perioder när ingen tåktverksamhet pågår, t ex för att buffra billig energi nattetid eller el från sol/vindkraftverk - och **sälja elkraft** under höglåstid. Andra verksamheter kan därför vara potentiella intressenter i eventuellt batterilager!

Batterilösningen finns idag i liten skala, men har ännu inte fått spridning när det gäller att ersätta större dieselinstallationer. Ett troligt framtidsscenario är dock att batterilösningen kan få stort genomslag för att skapa nätkapacitet och extra flexibilitet i det svenska elnätet.

En **diesel-batteri-hybrid lösning** är även det ett intressant koncept, som dock inte behandlas här. I ett sådant koncept kan ett mindre batterilager vara att föredra ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Här finns möjligheter att redan **första åren** kunna räkna hem investeringen.

Ur ett miljöperspektiv är den rena (100-procentiga) elektrifieringen, oavsett koncept dock att föredra. Om vi utgår från att elen är fossilfri skulle den miljöbelastning som eldriften medför i detta fall innebära ett minskat koldioxidutsläpp om så mycket som **305 ton CO₂ per år**.

- Skulle de 28 tåktakter som är med i denna studie konvertera sina krossar till ren eldrift skulle miljöbelastningen minska med **7 200 ton per år**.
- Skulle de dessutom ersätta hjullasttransporter med stackläggare skulle miljövinsten överstiga **10 000 ton CO₂ per år**.

4 – ANSLUTNINGSAVGIFTER OCH AVKOPPLINGSBAR HÖG-SPÄND ELSTRÖM

Kostnaden för den lokala elanslutningen till tälkten beror på ett flertal faktorer. Framför allt var närmaste distributionsnät är beläget, nätets topografi och belastningsbarhet. Likaså markbeskaffenhet, bosättningar m.m. För de potentiella tälkterna i detta projekt gäller vitt skilda förutsättningar.

Det går därför inte att ange en exakt uppskattning på anslutningskostnaden.

I detta projekt tillfrågades ett antal elnätsföretag om anslutningsvillkor m.m. Företagen var: Mjölby Kraft, Dala-Energi Elnät, Falbygdens Elnät, E.ON, Gävle Energi, Sala-Heby Energi, Mälarenergi AB samt Vattenfall. De är alla är potentiella leverantörer till någon av projektets 28 intressenttälkter.

Elnätskostnader

Elnätsavgiften består av flera delar. Dessa utgörs av en fast avgift som i regel täcker statliga kostnader, abonnemangskostnad, effektavgift, en överföringsavgift, samt en avgift för överuttag av reaktiv effekt och en statligt fastställd energiskatt på 35,3 öre/kWh.

Abonnemangskostnaden, som i regel är effektbaserad kan variera avsevärt. E.ON tar ut 66,8 kr/kW per månad i prisområde Syd och 72 kr/kW/mån i prisområde Nord. Kraftringen har en abonnemangsavgift om 16 kr/kW/mån. Abonnemangskostnaden bestäms av den under året högsta uttagna effekten under en timme. I regel för-debiteras avgiften med 1/12 per månad som sen justeras årligen.

Effektavgiften bestäms i regel av om effektuttaget under- eller överstiger 1 000 kW. Den uppvisar samma stora variationsmönster: Kraftringen 38,50 kr/kW/mån, E.ON 66,8–72,0 kr/kW/mån. Genom att elnätsföretagen inte har enhetlig debiteringsgrund är det svårt att göra jämförelser. Ibland tas effektavgift ut endast under vintermånaderna november till mars (Kraftringen) medan andra tar ut avgift hela året.

Den fasta avgiften kan variera betydligt mellan nätbolagen. E.ON tar exempelvis ut en årsavgift på 25 200 kr, Kraftringen 12 000 kr och Falbygdens Energi 47 000 kr/år.

Överföringsavgifter varierar från 2,8 öre/kWh till 5,5 öre/kWh.

Energiskatt tillkommer på förbrukningen och läggs till på elnätsavgiften med 35,3 öre/kWh.

Möjlighet och kostnad att avbryta abonnemang under icke produktionsperioder

En mindre tälkt som t ex krossar under 17 veckor per år och inte krossar under 39 veckor kanske kan spara abonnemangsavgift genom att inte ha något abonnemang under perioder då ingen krossning pågår. Kontakter med elnätsföretagen, som alla är potentiella leverantörer till någon av SBMIs 28 intressenttälkter, gav följande svar att det:

- hos vissa nätägare går det att säga upp abonnemanget, i regel med en månads framförhållning
- det går att återansluta igen när det är dags för nästa produktionsperiod.
- någon högre kostnad för att återansluta tas som regel inte ut.

Kostnad för uttag av reaktiv effekt

Elnätsföretagen tillämpar olika tariffstrukturer för uttag av reaktiv effekt. I avgiften ingår rätt till uttag av reaktiv effekt upp till 50 % av abonnerad effekt. Överuttagen kostar ofta mellan och 240 kr/kVAr.

Energikostnad

Elenergi handlas i regel på elbörsen. Priserna har varierat betydligt: från 6 till 83 öre/kWh räknat på månadsmedelvärdet. Under vår/sommar/höst är i regel elpriserna lägre. Då kan elpriset sjunka med närmare 50 %. Vissa år har dock varit extremer och sommarpriserna har överstigit vinterpriser (tex 2018). En uppskattning är att **elpriset** under bergtälkters normalsäsong torde ligga runt **30–40 öre/kWh**.

Om vi utgår från en tälkt som krossar, 200 000 ton per år och är kund hos E.ON kan energikostnaden uppgå till 300 tkr inklusive el-överföring (0,35+0,05) kr/kWh och energiskatt (0,35 kr/kWh). Effektavgiften och abonnemangskostnad uppgår i fallet med E.ON som nätägare till 270 tkr/år om inget överuttag av effekt eller reaktiv effekt inräknas. Sammantaget totalt 570 tkr.

- Skulle el abonnemanget kunna sägas upp de 8 mån, som tälkten inte används, skulle kostnaden istället uppgå till $300 + 270/3 = 390$ tkr.
- Skulle det reaktiva effektbehovet, däremot vara större, säg uppgå till 100 %, kommer en tilläggsavgift på närmare 12 tkr.

5 – FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MOBILA STACKLÄGGARE

Enligt ett forskningsprojekt inom MinBaS står interna transporter av material för nästan hälften av all energianvändning i täkt. Att ersätta användningen av hjullastare med stackläggare ger stora miljövinster även om stackläggaren är dieseldriven. Drivs den med el blir vinsten ännu större.

Inledningsvis i detta projekt studerades möjligheter att via **mobila transportörer** förflytta krossat material några tiotal meter innan man med hjälp av en stackläggare lagerlägger materialet. Sådana lösningar finns på kontinenten med sedimentärt ”mjukt” och lättspängt berg. Den tekniken fungerar där, men inte i Sverige på grund av bergets egenskaper här. En eller flera mobila transportörer som inte är sammankopplade kräver mycket passningsarbete. Om krossen flyttas varje dag blir det så tidskrävande att maskinförare inte ”kommer att acceptera” tekniken. **Idén med mobila transportörer har därför strukits.**

Projektet har fokuserat på möjligheten att med en **stackläggare direkt efter krossen** lagerlägga material energisnålare än när det sker med hjälp av en hjullastare. Stackläggaren är 5–10 gånger så energieffektiv som en hjullastare. Såväl miljö som ekonomi talar för att man bör använda stackläggare när så är möjligt.

Miljö: En hjullastare, t ex 180/220, drar cirka 20 liter diesel/tim. Det blir cirka 10 ton CO₂/månad (se sid 16). Man kan man spara in en stor del (80–90 %) av dieselförbrukningen även med en dieseldriven stackläggare.

Ekonomi: Hjullastaren som bär undan kostar 3,5–4 kr/ton (8–10 000 kr/dag). **Bäst lönsamhet** för stackläggare finns om tåkten under kampanjkrossningsperioder använder **två hjullastare:**
- en **egen hjullastare** som lastar kundernas bilar, bär undan skut, bär fram knackad sten till förkrossen, underhåller körytor, m m, (självlastningstäcker har ofta hjullastare i storlek 150–180 på plats)
- en **inhyrd maskin** som bär undan krossat material **om den inhyrda maskinen kan ersättas med en stackläggare.**

Om en mindre sortering siktas ut i krossen, så kan tåkstens egen hjullastare även hinna lasta bort denna sortering. Om man kan klara sig utan en extra hjullastare under krossning, så blir ROI för stackläggaren ganska kort.

En stackläggare kan även ha **fördelar för produktivitet och kvalitet:**

- Förkrossen är inte beroende av att hjulstaren bär undan material. Krossen kan jobba måndag – torsdag medan den hjullastare som normalt lastar kunders bilar kan bära undan måndag – fredag (och då även lasta kunders bilar).
- På morgon kan det stå ett tiotal lastbilar som vill få material lastat omedelbart, varvid förkrossen blir ”stryp” när det är fullt under bandet – om man inte ordnar så att materialet forslas vidare.
- Förkrossen ger bättre material när den hela tiden kan gå ”full”.
- Mellanlager undviks när utlastning görs från stackläggarens hög, vilket sparar miljö och pengar.

Ett antal **begränsningar** har dock identifierats:

1. **Endast långa sorteringar** - t ex 0/16, 0/32, 0/63, 0/90 eller 0/125 - **kan komma upp i volym** som kan motivera kostnaden för stackläggare.
2. **Tillräckligt stor yta för lagerläggning** måste finnas, annars får man sluta producera och flytta p g a att materialhögen är full.
3. **Upplaget får inte hindra framtida sprängning** eller medföra att man inte kan skjuta salvor på ett rationellt sätt p g a att upplaget ligger i vägen.
4. **Risk för separation** finns både med hjullastare och stackläggare. Om man lagerlägger 0/200 eller 0/150 för senare krossning till CE-märkta sorteringar, så spelar separation ingen roll. Men om man säljer CE-märkt 0/32 och 0/63, så får fallhöjden inte vara hög (0/90 och 0/125 är mer ”förlåtande”). En god bevakning krävs av höjd mellan band och materialhög. En radialstacker som kan röra sig i sidled och skapa ”limpor”, inte bara koner gör det enklare att lagerlägga rätt.
5. **Lagerkapacitet:** en stackläggare kan inte ha hur brant lutning som helst - max 18 graders lutning - sedan släpper material och rullar tillbaka. Längden på stackläggarens transportband avgör kapaciteten.

Historiskt har flera stackläggare i Sverige vara dimensionerade för ”snällare” sedimentärt berg. Sådana stackläggare har provats i Sverige, men inte hållit måttet. Ett antal svagheter har identifierats – se **bilaga 5**.

Bild 5 visar en stackläggare som klarar det mer krävande berget i Norden. En kravspecifikation för offert på stackläggare anpassade för kristallint berg bör tas fram och testas i nästa del av detta projekt.

6 – FÖRBÄTTRINGAR FÖR MILJÖ OCH ARBETSMILJÖ

Miljö

De negativa faktorerna för **närmiljön** runt tåkt är främst damm, buller och vibrationer vid sprängning. Vibrationer från sprängning påverkas inte alls med elektrifiering, men möjligen kommer dammbekämpning invid krossen att bli viktigare att lyckas med för att förhindra att transformator och brytare sätts igen av damm och slutar att fungera (eller till och med ger kortslutning). Detta är en osäker miljövinst.

Utänför närområdet på **global** nivå innebär de minskade utsläppen av växthusgaser, mätt som koldioxidekvivalenter (CO₂ e), att tåktens klimatavtryck minskar väsentligt.

Krossar: Enligt Ledins Grus AB hinner en krossuppställning – med den storlek på kross som enkelt kan transporteras mellan olika tåkt – krossa cirka 400 000 ton på ett år. Uppställningen kan t ex bestå av bara en förkross (t ex 1208), förkross och efterkross (t ex 550) eller en dubbelkross (1208 + 550).

Krossningen drar mer ju finare slutprodukt som produceras. Följande förbrukningssiffror är ungefärliga och kan variera med ± 30 procent:

- dubbelkross som producerar **0/90** kan dra 0,25 l/ton
- samma kross som producerar **0/16** kan dra 0,50 l/ton.
- förkrossen själv drar cirka 0,15 l/ton vid krossning till **0/150**

I vårt räknexempel nedan räknar vi på **0,35 l/ton**

Dieseldriven krossning av 400 000 ton/år med 0,35 l/ton kräver **140 m³ diesel per år:**

140 m³ x 2,7 ton CO₂ e-utsläpp per m³ innebär cirka **400 ton CO₂-utsläpp per år** eller knappt 1 kg CO₂-utsläpp per producerat ton.

Hjullastare: Om en hjullastare kan ersättas med en eldriven stackläggare minskar dieselanvändningen:

Hjullastaren (t ex 220) drar cirka 20 l diesel/tim, dvs 4 m³ diesel/månad eller 44 m³ diesel/år

Räknat på 44 m³ x 2,7 ton CO₂ e-utsläpp/m³ blir det cirka **100 ton CO₂ e-utsläpp per år.**

Ballastproduktionen i **hela Sverige** är cirka 80 miljoner ton per år och 60 % tillverkas i mindre tåkt.

Elektrifiering av mindre tåkt kan minska utsläppen av växthusgaser med 0,95 kg/ton x 0,6 x 80, dvs cirka **45 - 50 000 ton CO₂ e per år.**

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön i en tåkt kan förbättras i flera avseenden till följd av en elektrifiering. Främst kan personalens exponering för buller och kemikalier minska, men även de ergonomiska förhållandena kan förbättras.

- En 6800 kross (vanlig i mindre tåkt) i full produktion avger upp till 97 dB(A) på 5 meters avstånd och då genererar enbart dieselmotorn cirka 93 dB(A) på 7 meters avstånd (Källa: tillverkaren). Detta ger en indikation på hur mycket bullerexponeringen minskar till följd av elektrifiering då dieselmotorns påverkan på ljudbilden försvinner helt.
- Dieselmotorer genererar avgaser vilka har varit belagda med exponerings-gränsvärde (baserat på mätning av kvävedioxid) sedan en längre tid. EU beslutade år 2019 om ett nytt gränsvärde som baseras på mätning av elementärt kol. Det nya gränsvärdet gäller från år 2023 och kommer troligen innebära en skärpning av dagens yrkeshygieniska förhållanden. Detta betonar relevansen av att minimera exponeringen för dieselavgaser på arbetsplatser och motiverar behovet av elektrifiering.
- Vid tankning av krossar eller underhåll av dieselmotorer exponeras personalen för gaser samt risk för spill på kläder och hud. Gaserna är cancerframkallande och spillet kan orsaka irritation på huden. Dessa moment elimineras helt med elektricitet som drivmedel.
- Service och underhåll av dieselmotorn innebär transport av kemikalier i dunkar och tunnor. Detta arbetsmoment försvinner helt om krossen drivs med elektricitet, vilket kommer att förbättra de ergonomiska förutsättningarna på arbetsplatsen. Det minskar även risken för olyckshändelser med klämskador och läckage av kemikalier som följd.

Ovanstående punkter bör utredas i nästa fas av detta projekt med demoanläggningar för att man ska kunna visa på exakta nivåer av förbättring.

BILAGOR:

- 1 – Maskinpark i tåkterna
- 2 – Mätningar av strömmar till krossar
- 3 – Utvecklingen av nya batterier m m
- 4 – Elsäkerhetsaspekter
- 5 – Stackläggare