© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

1. KUJ 1365 – Ny huvudnivå i LKAB Kiruna

Hans Engberg, LKAB

Sammanfattning

LKAB anlägger en ny huvudnivå i Kirunagruvan, den sjunde i ordningen. Brytningsmetoden som tillämpas i Kiruna är skivrasbrytning. Metoden används i kombination med störtschakt och horisontell transportnivå för att forsla råmalmen till krossning och uppfordring. När den nedåtgående malmbrytningen närmar sig transportnivån bör en ny sådan vara i drift en etage längre ned för att undvika onödig och fördyrande omlastning och uppkörning av malmen.

I början av 2013 har den nya huvudnivån på nivå 1365 meters djup tagits i drift. Den nya nivån kommer att medge ökad produktionskapacitet och samtidigt skapa förutsättningar för gruvproduktion i Kiruna till mitten av 2030- talet.

Inledning

LKAB's gruva i Kiruna har varit i drift sedan år 1900. Från början som dagbrottsgruva men från slutet av 1950-talet som underjordsgruva. Den huvudsakliga brytningsmetoden har varit skivrasbrytning men olika magasineringstekniker och skivpallbrytning har provats.

Skalan på brytningen, ortstorlek, skivhöjd och ortavstånd, har ständigt ökat till dagens nivåer där varje salva ligger mellan 10 000- 15 000 ton. Produktionen av råmalm ligger på c:a 28 Mt per år. Ambitionen är att öka denna till närmare 30 Mt per år de närmaste åren för att senare, när den nya huvudnivån i sin helhet är idrifttagen, kunna ökas till 35 Mt per år.

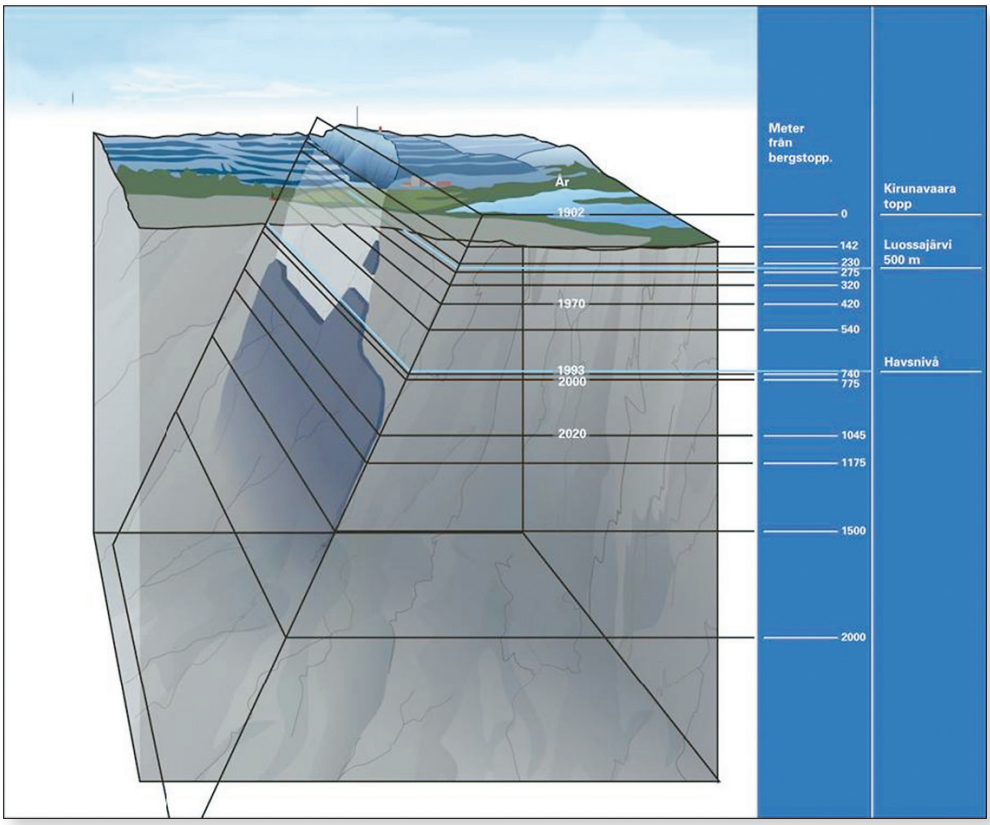
Förädlingsgraden av LKAB's produkter har även utvecklats, från styckemalm till fines och vidare till kulsinter eller pellets. Idag har LKAB, i Kirunaområdet, fyra pelletsverk. Det fjärde verket, kallat KK4, togs i drift 2008. I och med idrifttagningen upphörde produktionen av sinterfines helt och Kiruna är nu en 100% pelletsproducent.

Orientering och bakgrund Kiruna

Malmkroppen i Kiruna består av en långsträckt malmkropp i form av en skiva med Nord-Sydlig strykningsriktning och med c:a 60 graders stupning mot öster. Malmen utgörs uteslutande av magnetit med en genomsnittlig järnhalt på 65%.

Magnetiten innehåller partier med fosforhaltig apatit som tidigare särbehandlats i brytning och förädling som olika råmalmskvaliteter. Sedan även anrikningsverket i Svappavaara, under 2008, försetts med flotationsanläggning för avlägsnande av apatit har det medfört att Kirunagruvan numera endast hanterar en enda råmalmskvalitet vilket innebär en betydande effektivisering.

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors



Figur 1. Kirunas malmkropp

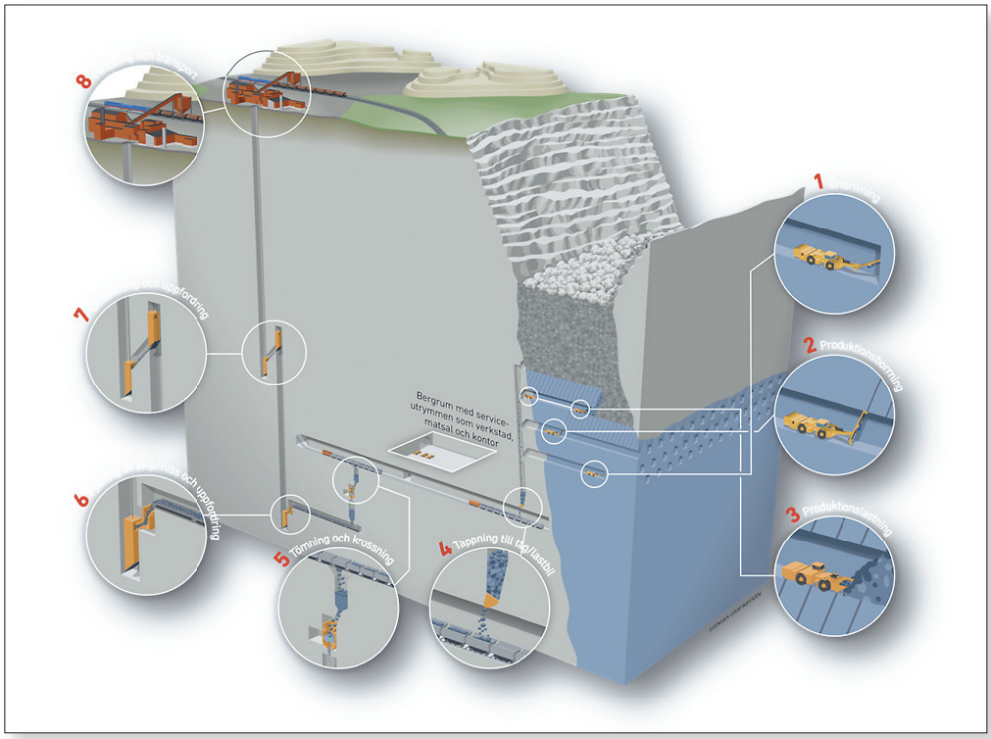
Längden på malmkroppen är drygt 4000 meter och genomsnittliga tjockleken c:a 80 meter. Brytningen sker i huvudmalmen kring 1000 m avv och i den senare idrifttagna norra delen, Sjömalmen, på 800 m avv.

Brytningsmetod

Brytningsmetod i Kiruna är skivrasbrytning. Metoden bygger på att med hjälp av ortdrivning skapa tillträde till malmkroppen på ett antal brytningsnivåer som delar in malmkroppen i ett motsvarande antal malmskivor. Metoden kan mycket kort sammanfattas som att när väl tillträde till skivorna finns, fragmenteras malmen genom borrning och sprängning till råmalm som sedan lastas och transporteras via ett transportsystem bestående av störtschakt, tåg, krossar, transportörer och skipar upp ur gruvan till ett sovringsverk ovan jord och vidare förädling.

Råmalmen består av en blandning av malm och gråberg. Detta gråberg härrör från sidoberg som under lastningen rasar in och blandas med malmen (se fas 3 i Figur 2) och skall ej förväxlas med anläggnings- eller tillredningsgråberg.

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors



Figur 2. Brytningsmetod

Lastning, transport och uppfordring

Raslastning på skivorna sker idag med eldrivna LHD lastmaskiner (Load Haul Dump) anpassade för underjordsbruk och med en skopvikt på 25 ton. Cirka 16-18 sådana enheter är i drift ca 17 timmar per dygn årets alla dagar i Kirunagruvan. Av dessa maskiner är i dagsläget upp till tre maskiner så kallade fjärrlastmaskiner (semi-automatiserad). Dessa producerar nattetid. Varje enhet lastar och transporterar den fragmenterade råmalmen från detonerad salva och tippar den i närmsta tömningsläge vilket mynnar i ett störtschakt. Bärsträckorna är för varje malmkropp och skiva mycket individuella men kan variera från några tiotal meter upp till som längst 400-500 m.

Störtschakten är i regel drivna i 60 graders vinkel från horisontalplanet med en längd på upp till 340 m. Störtschakten tjänstgör dels som en gravitationstransportkanal från ovanliggande skiva ned mot underliggande huvudnivå och dels som lagringsfickor innehållande en råmalmsbuffert. I botten på dessa schakt finns en bergtapp som med hjälp av fjärrstyrning medger en rationell lastning av råmalm från störtschakt till tåg för vidare transport till krossanläggningen. De fjärrstyrda tågen i Kiruna har, på nivå 1045, idag en lastkapacitet på c:a 470 ton per sätt. På nivå 1365 har de en lastkapacitet på c:a 650 ton per sätt. I krossanläggningen krossas råmalmen i ett steg till fraktioner understigande 100 mm.

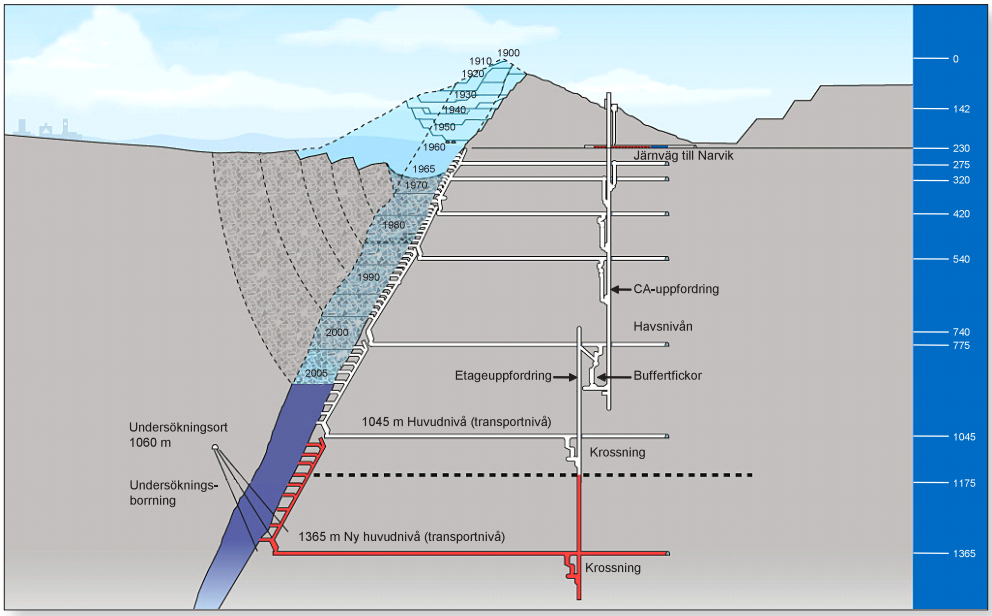
© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Uppfordringen sker med skipar i två steg. Först via etageuppfordringen med fem dubbelskipar och sedan via de sju CA-skiparna som består av två dubbelskipar om 2 x 24 ton och fem enkelskipar om 40 ton i en hastighet på 17 m/s.

Nya huvudnivåer

Brytningen i gruvan har traditionellt sett skett genom etagevisa avsänkningar av s k huvudnivåer till vilka malmen från brytningsområdena tippats via störtschakt för vidare transport till krossnings- och uppfordringsanläggningar. Dessa huvudnivåer har hittills endast varit av spårbunden typ för horisontaltransport.

Inför varje avsänkning har utredning av olika transportalternativ gjorts och det mest fördelaktiga valts för vidare anläggning och produktion. Med hänsyn till erforderliga produktionsnivåer och tillgänglig teknik har dimensioneringen bestämts.



Figur 3. Huvudnivåer i Kirunagruvan

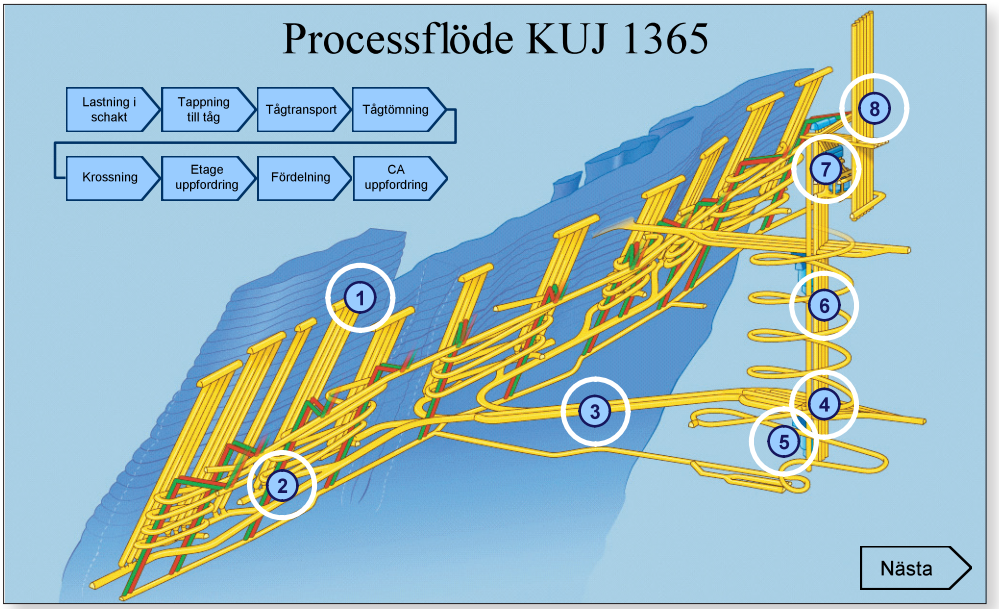
Övergripande om KUJ 1365

Den nya huvudnivån kommer i korthet att bestå av ett system med tio brytningsområden som vart och ett har en grupp av störtschakt med 3 m diameter (totalt 38 st) med tillhörande tappar för tåglastning på nivå 1365.

Brytningsområdena förses även med egna tillfartsvägar och egen mediaförsörjning. Vidare kommer horisontaltransport av den brutna malmen att ske med sju tågsätt med 650 tons lastvikt i pendeltågstrafik mellan tappgrupperna och de fyra tömningslägena. Till den nya nivån har beslutats att övergå från 891 mm till 1435 mm standardspårvidd, öka rälsvikten från 50 till 60 kg per meter (UIC60) samt att

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

öka minsta kurvradie från 80 m till 150 m. Den ökade spårvidden resulterar även i att vagnskorgen breddas i motsvarande utsträckning. Dagens bredd på tappläppen bibehålls dock vilket bedöms minska spill vid lastning av vagn. Sammantaget förutses åtgärderna resultera i högre tillgänglighet och lägre driftkostnader.



Figur 4. Ny huvudnivå KUJ 1365 med processflöde.

Krossning kommer liksom idag att utföras av fyra krossar som krossar malmen i ett steg ned till -100 mm. Krossarna är samma Svedala- Arbrå (Metso) spindelkrossar som idag används på nivå 1045 som efter renovering installeras på nivå 1365.
Uppfordring av råmalmen sker sedan i ett första steg med hjälp av fem förlängda etagespel från KUJ 1365 till fördelningsnivå på 775 m nivå. Dessa etagespel kommer att vara dubbelskipar av Jetotyp med 2 x 33,4 tons kapacitet försedda med nya 5,6 MW AC motorer.

På 775 m nivå sker sedan en omlastning till det övre uppfordringssystemet, som består av sju skipar- två dubbelskipar med 2 x 24 tons kapacitet och fem enkelskipar med motvikt med 1 x 40 tons kapacitet. Dessa spel är försedda med 4,3 MW DC motorer med faskompensering. Det andra uppfordringssystemet tömmer råmalmen i lavfickor före sovringsverk inför vidare förädling.

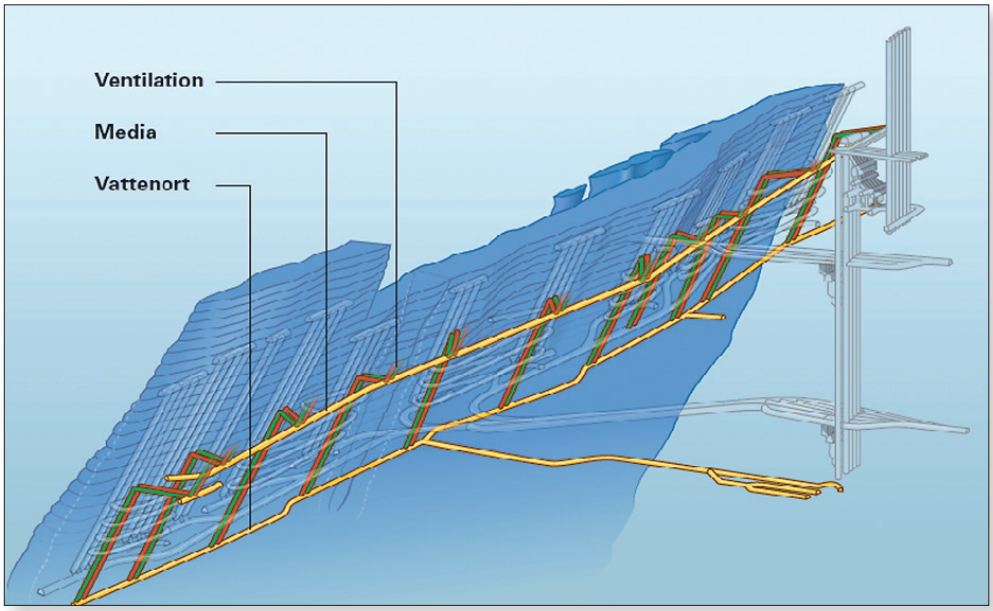
Styrsystemet för de underjordiska produktionsanläggningarna kommer att utformas för högsta anläggningsutnyttjande. Övergången till att endast hantera en råmalmskvalitet under jord resulterar i betydande förenklingar av logistik och styrning. De tomma tågsätten kommer att styras till det störtschakt som har störst innehåll medan de lastade tågen kommer att styras mot det tömningsläge som har lägst innehåll. Allt i syfte att medge kontinuerlig drift och högt anläggningsutnyttjande. Styrning enligt denna filosofi innebär även förenklingar med hänsyn till

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

samkörningen med det befintliga styrsystemet på den nuvarande huvudnivån under övergångstiden fram till dess att denna avslutas.

En s k mediaort kommer att anläggas på nivå 1070. Denna ort, med utsträckning längs hela malmkroppen, kommer att dels tjäna som kommunikationsnivå längs malmkroppen och vara den nivå som samtliga lokala snedbanor till brytningsområdena utgår ifrån. I denna ort kommer även huvudstammarna av de olika gruvmedierna att installeras i syfte att åstadkomma redundanta mediasystem och flera utrymningsvägar ur gruvan.

En kombinerad dräner ings-, service- och spillstenshanteringsort anläggs c:a 20 meter under huvudnivån. Till denna ort kommer samtliga spillstensschakt, ventilationsschakt och dräneringshål att anslutas. Orten kommer även att utgöra transportväg för personal vid tapportsunderhåll och diamantborrning.



Figur 5. KUJ 1365 med mediaort 1070 och vattenort 1385

Omfattande bergmekaniska utredningar indikerar att bergspänningarna kommer att öka med c:a 40% mellan nivå 1045 och 1365. Detta, i kombination med ökad hänsyn till seismiska laster, har bl a resulterat i att mängden bergförstärkning på den nya huvudnivån ökat med c:a 30% jämfört med dagens nivåer.

Samtliga större anläggningar har valts att placeras långt (200-300 m) ifrån malmkroppen i syfte att undvika den påverkan som de högre bergspänningsnivåerna förväntas medföra i kombination med de spänningsomlagringar som sker i och med brytningen av malmkroppen.

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

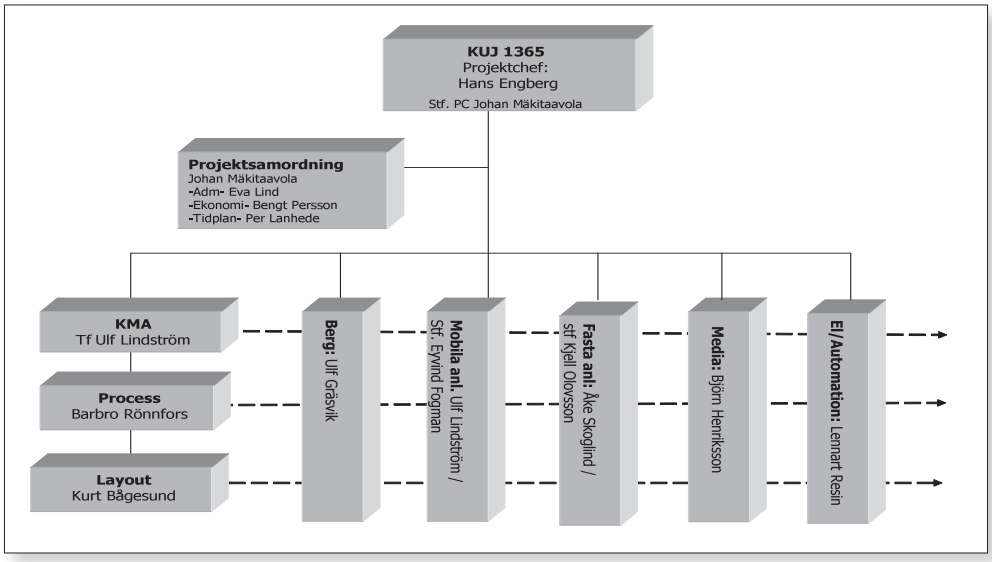
Nuläget och anläggningstidplan

I skrivande stund har c:a 95% av samtliga bergarbeten utförts. Totalt sett har c:a 75 % av projektbudgeten förbrukats. Bergarbetena har skett på två huvudsakliga fronter. Dels nära malmen (KUJ) och dels i anslutning till de centrala anläggningarna (CA).

Eftersom huvuddelen av bergarbetena är avklarade har byggkonstruktion och mekinstallation kunnat utföras och avlösts av el, hydraulik och styrsystemsinstallation samt införande av rullande materiel, krossar, uppfordringssystem och andra discipliner. Huvuddelen (c:a 80 %) av projektet planeras att vara utfört 2014. Utbyggnaden av Sjömalmsdelarna i norr ligger ett par år senare på grund av att gruvbrytningen i dessa områden ligger något efter brytningen i den s k huvudmalmen som följd av senare brytningsstart.

Organisation

Projektorganisationen har bestått, förutom av styrgrupp och referensgrupper, av projektchef, projektsamordning, KMA grupp, layout- och processgrupp samt sex delprojekt. Dessa är berg, mobila anläggningar, fasta anläggningar, media, el/automation och idrifttagning



Figur 6. KUJ 1365 organisationsschema.

Mängder och volymer i projektet

- Projektbudgeten uppgår till 12,4 miljarder kr
- Malmbasen mellan dagens huvudnivå på 1045 m avv till den kommande på 1365 m avv bedöms till c:a 614 Mt vilket ger 375 Mt färdiga produkter. Detta innebär att den kommande etagen får en livslängd på c:a 20 år eller en levnadstid fram till år 2033.

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

- Anläggningsarbetena sker huvudsakligen 1,3 km under marknivå
- Installerad produktionskapacitet 35 miljoner ton per år
- Bergvolym uppgår till 4,2 miljoner m^3, vilket motsvarar 11,4 miljoner ton gråberg
- Bergbult 1 400 000 st
- Kabelbult 450 000 st
- Sprutbetongmängden uppgår till 400 000 m^3
- Ortdrivning med medelarea 35 m^2 uppgår till 87 km
- Raiseborrning med medeldiameter 3,0 m uppgår till 40 km
- Antal spårmeter som installeras är 12 km
- Antal växlar är 38 st
- Utnyttjad effekt efter idrifttagning med full produktion är 50 MW
- Styrsystem med 12 500 I/O
- Ventilationskapacitet 1500 m^3/s
- Installerad pumpkapacitet vattenuppfordring 54 m^3/min
- Antalet personer som samtidigt sysselsatts i projektet uppgår till c:a 1000 från över 130 olika företag och 7 länder
- Antalet fordon och aggregat som beräknas nyttjas i projektet uppgår till c:a 300 stycken
- C:a 4000 årsarbeten uppskattas ha lagts ned i projektet

Första etappen av KUJ 1365 togs i drift 26/4 2013!

Etapp ett av KUJ 1365 är nu i full drift. Driftöverlämnandet skedde den 26 april och under 2013 hade de första två miljonerna ton transporterats, krossats och uppfordrats i anläggningarna! Ett av Sveriges största industriprojekt är nu delvis i hamn och det kan konstateras att kraven avseende tid, funktion och ekonomi innehölls! 9,5 Mdr (av 12,4) kommer att ha investerats intill utgången av 2013. Idrifttagningen av etapp två pågår och den 17 april 2014 beräknas den tas i drift. Sedan kommer årsvis etapp efter etapp tas i drift tills hela nivån är utbyggd och i full produktion i början av 2017. Först då stängs den nuvarande nivån på 1045 meters djup.

Projektet hade till uppgift att anlägga och ta i drift en ny huvudnivå på 1365 m avv. Ingående delar i etapp 1:

- Tre tappgrupper (av tio)
- Ett tömningsläge (av fyra)
- En kross (av fyra)
- En skip (av fem)
- Två lok (av nio)
- Två vagnssätt (av sju) om 21 vagnar

Inkluderande väsentliga färdigställda delar av spår, styrsystem och media.

© 2014, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Ambitionen har varit att behålla de goda exemplen från tidigare nivåer och utveckla och förbättra andra.

Ett axplock av områden som förbättrats är t ex;

- Optimerad utformning av huvudnivån för att medge effektivare brytning av malmkroppen
- En extra omtagsnivå för borrning av störtschakten för att säkerställa att de är i linje och därmed minska benägenheten för häng
- Förbättrad dränering, vattenuppfordring och spillstenshantering
- Förbättrad ventilation av samtliga anläggningsdelar
- Större spårvidd och bredare vagnar i syfte att minska slitage, spillproblematik och få tillgång till ett större utbud av standardutrustning och –materiel
- CE-märkning av alla anläggningsdelar i syfte att åstadkomma en bättre och säkrare arbetsmiljö
- Förbättrad operatörsmiljö och användargränssnitt genom användandet av de senaste forskningsrönen inom området vid anläggning av nytt styrsystem i ny styrcentral
- Arkitektur, materialval och utsmyckning vid utformningen av ny styrcentral syftar till att öka trivseln på arbetsplatsen
- Ny teknik för rening av dräneringsvatten medför bättre och säkrare arbetsmiljö, lägre kostnader och bättre funktion i all borrning
- Nästan 10 ggr fler portar än på nivå 1045 för bättre ventilationsstyrning och brandsäkerhet
- Separat kompressorstation på huvudnivån höjer kvaliteten på tryckluften och sänker driftkostnaden

Internt i företaget har t ex bemanning och resursbehov påverkats inom beställarorganisationen liksom inom alla stödresurser såsom inköp och materialhantering, förrådskapacitet, transporter, teknisk administration, IT, arbetsmiljö, internutbildning, trafiksituation, säkerhet och inpasseringsadministration mm.

Externt i den närmaste omgivningen har t ex tillgång och marknadspriser på bostäder påverkats. Det har även under projekttiden kunnat konstateras en markant ”malmfältsinflation” vad gäller priser hos konsulter, leverantörer och entreprenörer. Även tillgång och priser på allmänna kommunikationsmedel misstänks ha påverkats.

Konjunkturen i Norrbotten har påverkats av de stora investeringarna i Malmfälten. De stora berg- och byggupphandlingarna i projektet anses t o m under perioder påverka indexutvecklingen i Sverige som helhet!