© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

LASTMASKINUTVECKLING VID LKAB

Anders Kitok, Greger Eriksson och Kent Lindkvist
LKAB Kiruna

INLEDNING

För att uppfylla de effektiviseringskrav som ställts på gruvverksamheten har LKAB initierat flera olika utvecklingsprojekt för raslastningen.
Två av dessa projekt beskrives nedan.
Det ena projektet avser införande av automation och fjärrstyrning på befinliga lastmaskiner.
Projektet benämnes SALT som är en förkortning av System Automatiserad Lastning och Transport.

Det andra projektet avser primärt att öka lastvikten på lastmaskinen men en förbättring av tillförlitlighet och tillgänglighet ingick även som mål. Detta projekt benämnes BISON.

Båda projekten beskrives var för sig mera ingående nedan.

PROJEKT: SALT

BAKGRUND

Kiirunavaara gruva är en underjordgruva för brytning av järnmalm i norra delen av Sverige.
I Kiirunavaara gruva produceras 19 -20 mton råmalm / år varav huvuddelen raslastas från skivras och skivpall.För produktion i raslastningen krävs i medeltal 16 st LHD maskiner (load haul and dump) i drift.
De flesta LHD maskinerna är el-drivna TORO 500E med en nettovikt på 36 ton och medellastvikt av 14 ton.
För att uppfylla de effektiviseringskrav som ställts på gruvverksamheten har ledningen Kiirunavaara gruva bl.a initierat ett utvecklingsprojekt för raslastningen.
Projektet inriktades på automation och fjärrstyrning av lastmaskinerna i raslastning och fick därav namnet SALT som är en förkortning av System Automatiserad Lastning och Transport.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

HISTORIK

Projektarbetet startade i slutet av 1986 med att undersöka förutsättningarna för automatisera och fjärrstyra lastmaskinerna i produktionslastningen.
I december 1987 avslutades ett teknikprov hos lastmaskintillverkaren ARA i Finland.
Utgående från erfarenheterna från teknikprovet och ekonominska värderingar beslutades ett år senare att prova systemet i verklig produktionsmiljö.
Krav och system specifikation upprättades och systemet upphandlades av lastmaskintillverkaren.
Efter drygt ett års konstruktions och tillverkningsarbete påbörjades i mars -90 drittagning och prov i gruvan.
En acceptanstest genomfördes i början av 1991 då systemet kördes under åtta veckor i verklig produktionsmiljö.

SYFTE

Syftet med införandet av SALT är minska driftskostnaderna för raslastningen, sänka kapital kostnader för maskiner samt förbättra arbetsmiljön för lastmaskinisterna.

Stor del av projektarbetet har inriktats på att verifiera om tekniska lösningar och produkter som tillgodoser följande krav:

* Skydds- och säkerhetsaspekter
* Tillgänglighet och tillförlitlighet
* Produktionskapacitet och funktionalitet
* Handhavande för drift och underhåll
* Teknisk lösning och utförande

PROVOMRÅDE

Ett prov beslutades för att undersöka lastmaskinens driftklarhet, utnyttjandegrad och produktionsförmåga mm vid automation och fjärrstyrning .
Provet genomföres i en skivpall på nivå 740, 510 meter under marknivån.
Malmen för produktionstesten tas från totalt fyra olika lastgluggar i två tvärortar. I änden av respektive tvärort anordnas s.k skuthanteringsplatser.
Från lastgluggarna transporteras malmen till ett stört schakt i området (se bild 2).
Totalt innehöll skivpallen ca 700 000 ton råmalm med en medelkörsträcka på 300 meter/ skopa.
Vägbanan i hela området har belagts med váltbetong.
Till området finns två anslutningsvägar, vägarna avspärras med grindar som förses med brytare som vid öppen grind förhindrar automatdrift och fjärrstyrning.
Samtliga grindar är försedda med varningsskyltar eftersom området ej får beträdas vid automat- och fjärr- styrning.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

AUTOMATISERAD OCH FJÄRRSTYRD RASLASTNING

Lastningscykeln består normalt av deloperationerna lastning, malmtransport, tömning och returtransport.
I skivpall lastas malmen växelvis från flera olika lastplatser.Lastningen fjärrmanövereras från en separat placerad operatörsplats.
Efter avslutad lastning köres maskinen förarlöst fram till störtschaktet för automatisk tömning.
Därefter köres maskinen automatiskt tillbaka till samma eller ny lastplats för repetering av sekvensen enligt ovan.
Om skut (större malmblock) påträffas vid lastningen finns det även möjlighet att försöka fjärrlasta skutet och köra det automatiskt till en speciell skuthanteringsplats.
Lastmaskinen kan även fjärrmanövereras inom hela produktionsområdet för t.ex. rensning av spillsten.

STYRUTRUSTNING LASTMASKIN

Lastmaskinen som är en TORO 500 E har byggts och anpassats för installation av styrutrustningen.
På lastmaskinen finns antennspolar under främre och bakre hjulaxeln via dessa spolar beräknas sidoavvikelsen för styrning av lastmaskinen.
Både analoga (temperaturer, tryck, styrvinkel, hastighet mm) och digitala (till/från, gränsläge, larmnivå mm) givare är installerade på lastmaskinen.
Dessa signaler tas till en styrenhet som bl.a har till uppgift att styra maskinen, reglera hastigheten, välja växel, manövrera skopa och bom samt övervaka temperaturer, nivåer etc.
Via radio sker informationsöverföringen till/ från lastmaskin och den stationärt installerade styrutrustningen.
Fyra videokameror och två videolänkar är installerade på lastmaskinen för överföring av TV-bilder till kontrollrummet. (se utrustning bild 1)

Lastmaskinen kan köras i någon av följande dritform dvs automatiskt, fjärrmanövererat eller manuellt med förare på lastmaskinen.

Vid automatisk körning styrs maskinen genom att kontinuerligt mäta maskinens läge på slingan och styrvinkelen och jämföra detta med ett det börvärde som gäller för den plats där maskinen är för tillfället.
Lastmaskinens hastighet bestäms främst av var maskinen är men hastigheten reduceras eller stoppas helt om styrfunktionen visar för stor sidoavvikelse.

En tillståndskontroll med övervakning av lastmaskinens temperaturer, tryck mm sker även kontinuerligt.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

STYRUTRUSTNING PRODUKTIONSOMRÅDE

I körbanan på ett djup av 15- 20 cm har en vanlig kabel lagts i slingor för att styra och kontrollera lastmaskinen vid förarlös drift. I området finns totalt 18 st slingor. För matning av slingorna finns även speciella slingdrivare.
Som tidigare beskrivits avläses slingorna via antennspolar på lastmaskinen. Dessa slingor utnyttjas för att styra maskinen och positionsbestämma maskinens läge i aktuell körväg.
Slingorna utnyttjas även för geografiskt avgränsa och kontrollera området där maskinen kan köras automatiskt genom att endast slingorna närmast lastmaskinen är aktiverade vid förarlös drift.
För att undvika beroendet av slingorna ligger på rätt avstånd från ortväggarna körs lastnaskinen manuellt för att lära och lagra det ideala läget över slingorna.
Detta behöver normalt endast göras i samband med drifttagningen av ett nytt produktionsområde.

Antenner och kablage för radio, videolänk samt slingdrivare installeras även i området.

CENTRAL STYRUTRUSTNING

All styrutrustning både på lastmaskin och i produktionsområdet styrs och övervakas av ett
överordnat styrsystem.
Den överordnade styrsystemet innehåller all information om hela produktionsområdet, dvs körvägar, hastigheter, slinglängder osv.
Genom att det överordnade styrsystemet hela tiden följer lastmaskinen läge i aktuell körväg kan styrenheten på lastmaskinen uppdateras med körinstruktioner för ett begränsat område. Samtidigt övervakas lastmaskinens funktioner från det överordnade styrsystemet.
I det överordnade systemet finns även funktioner för operatörskommunikation (dialoger, grafik, rapporter, larm mm).
I det överordnade ingår följande funktioner:
- operatörkommuniktion
- larm och rapportfunktioner
- dataöverföring till mobil och lokal styrutrustning
- konfigurering
- trafikövervakning
- trafikstyrning
- produktionsregistering
- övervakning och kontroll styrutrustning

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

OPERATÖRSPLATS

På operatörsplatsen(belägen på 775 meters nivån) finns en manöverpanel som innehåller samtliga manöverspakar och indikeringar som krävs för fjärrmanövering av lastmaskinen. I anslutning till manöverplatsen finns en rapportskrivare, två TV-monitorer och bildskärmar.Den ena bildskärmen kommer att utnyttjas endast för larmhantering. På den andra skärmen kan bl.a följande bilder väljas:

- layout från området som kontinuerligt uppdateras med lastmaskinens aktuella läge, körväg, status mm.
- mätvärden och signaler från lastmaskinen avseende temperaturer, tryck, hastighet, skopvikt, effektuttag mm visas i olika former med aktuella trender, börväden, larm och stopp gränser.
- produktionsstatestik innefattar bl.a nyckeltal, motortimmar, planerade och producerade mängder mm.
- driftstatus för ingående styrutrustning finns även i en separat bild.

ERFARENHETER

Lastmaskinisternas erfarenher är genomgående positiva främst på grund av förbättringarna i arbetsmiljö då problemen med vibrationer, buller, gaser mm eliminerats.

Samtliga lastmaskinister som kört SALT maskinen är lastare med erfarenhet från lastmaskinen.
Att lasta och köra maskin fjärrmanöverat har ej orsakat några större problem även för "nya" lastare, däremot har naturligtvis tagit en viss tid innan handhavandet av systemet fungerat tillfredställade.

Att förändra och anpassa arbetsrutinerna så att produktionsbegränsande effekter minimeras m.h.t arbetsrutiner, skydds- och säkerhetsföreskrifter tar lång tid och kräver ett stort angagemang från berörda.

Tillgänglighet och tillförlitlighet på lastmaskinsystemet kan förbättras med ett automatiserat system och troligtvis kommer vissa delar av det oplanerade underhållet överföras till planerat underhåll.
I jämförelse med övriga lastmaskiner var underhållskostnaden och felfrekvens betydligt lägre för SALT maskinen efter 1600 driftimmar.
Noteras bör dock att maskinen under driftagning och test har producerat färre ton än normalt.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

En självklar regel vid automation av en manuell process är att operationen fungerar i normala fall och alla funktionella krav är väl definierade och dokumenterade.

Under driftagningen har teknisk lösning och utförande avseende utrustningen varit funktionsriktig däremot har omfattande arbete lagts på att anpassa och modifiera programvaran.

För handhavande har personal från drift och underhåll utbildats i systemets funktion men framförallt har berörd personal medverkat vid drifttagningen och på så sätt erhållit erforderlig praktik.

Produktionshastigeten med en automatiserad lastmaskin är 80-90 % av en manuell maskin med nuvarande lösning. Produktionsförlusten kan kompenseras med ett bättre tidsutnyttjande av lastmaskinen.
Ovanstående tillsammans med bättre arbetsmiljö, ökad tillgänglighet och tillförlitlighet gör att fjärrstyrd och automatiserad lastning är mycket intressant.

Projekt: BISON

INLEDNING

Från andra halvåret 1989 har i Malmberget testats en helelektrisk LHD med en medelvikt på 25 ton råmalm/skopa.

Maskinen är en prototyp enligt ett nytt koncept men med känd teknik i de olika delsystemen. Från idé till leverans av prototyp har 4 år gått för analyser och värderingar av olika koncept samt upphandling, konstruktion och tillverkning.

Intressenter i projektets inledningsfas var Kali und Salz AG, (ett tyskt gruvföretag med stor erfarenhet av LHD-maskiner) Boliden Mineral AB, LKAB och Högskolan i Luleå.

1986 presenterade gruppen sin kravspecifikation för ett större antal tänkbara leverantörer. Detta utmynnade i att LKAB valde ett svenskt grundkoncept med AB Truckimport som huvudansvarig, Wikmanshyttan AB som maskinbyggare och Marathon Le Tourneau som leverantör av drivsystemet.

Kali und Salz AG valde ett närliggande koncept med tyska ABB som leverantör av drivsystemet.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

KRAVSPECIFIKATION

Kravspecifikationen utgjorde 17 funktionskrav där tyngdpunkten låg på:

- god ergonomi både för förare och underhållspersonal,
- hög driftklarhet och låga underhållskostnader,
- mobilitet,
- kapacitet och produktivitet

Maskinbeskrivning

Maskinen väger 80 ton, är 14,5 m lång, 3,6 m bred och ca 3,15 m hög. Lastmaskinen har sin storlek till trots bra framkomlighet. Detta p g a att den ej har transmission eller converter, vilket medger 50° midjeutslag mot normala 40o för andra LHD-maskiner. Inre svängradien för Bison är lika med Toro 500E.

Max hastighet 12 km/h.

Drivsystemet är Marathon Le Tourneaus väl beprövade likströmshjulmotorsystem som finns på deras dagbrottshjullastare över hela världen. Systemet med likströmsmotorer innebär mjuk acceleration och retardation utan växling. Bromsningen under alla normala körförhållanden sker genom att elmotorerna går som generator och matar strömmen till nätet.

Maskinen har två separata hydraulsystem. Huvudsystemet har två variabla pumpar med 90 kW:s effekt på elmotorerna. Det andra systemt är för kabelhanteringen.

Maskinen är utrustad med ett vågsystem som väger varje skopa och samtidigt registrerar från vilken ort och salvnummer skopan är hämtad samt till vilket schakt malmen lastas.

Mobiliteten klaras med en dieselgenerator. Vi har idag förflyttat Bison mer än 100 timmar med gott resultat och huvuddelen i snedbanor.

Hytten är rymlig och framtagen tillsammans med LKABs medicinska- och ergonomiska experter. Här har också lastare aktivt medverkat. Stolen är vridbar 180°.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

RESULTAT OCH TESTER

Under slutskedet av tillverkningen bildades en testgrupp med ordinarie lastare, instruktörer och testledare. Denna grupp har föreslagit förändringar samt dokumenterat resultaten.

Maskinen har nu gått ≈ 3 000 timmar och uppfyller kraven som uppställdes i ursprunglig kravspecifikation beträffande ergonomi, mobilitet, kapacitet och mått.

Då maskinen endast gått 3 000 tim återstår fortfarande osäkerheter vad gäller livslängd på ett flertal viktiga komponenter. Testresultaten har motiverat LKAB att beställa två maskiner och troligen kommer ytterligare maskiner att beställas.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

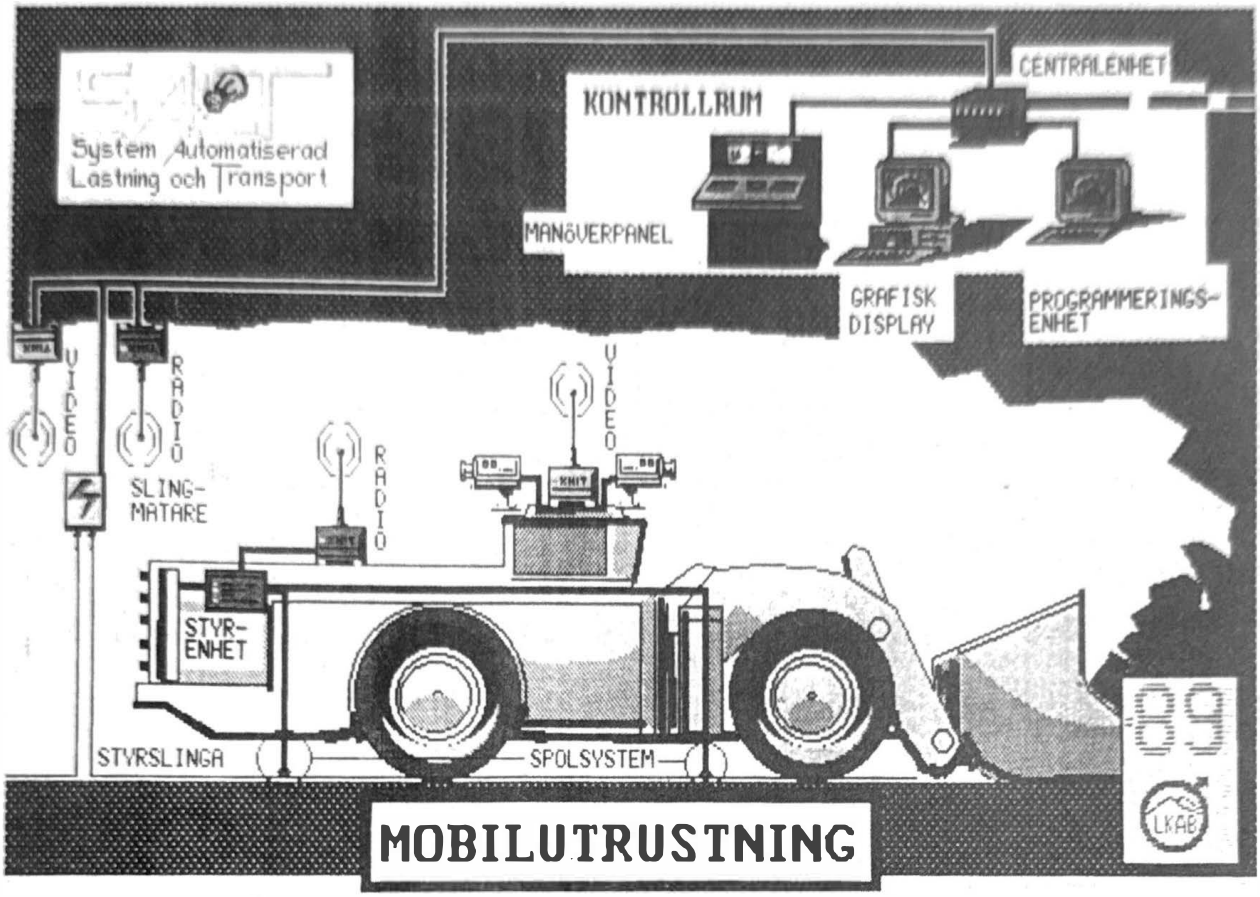

Bild 1.

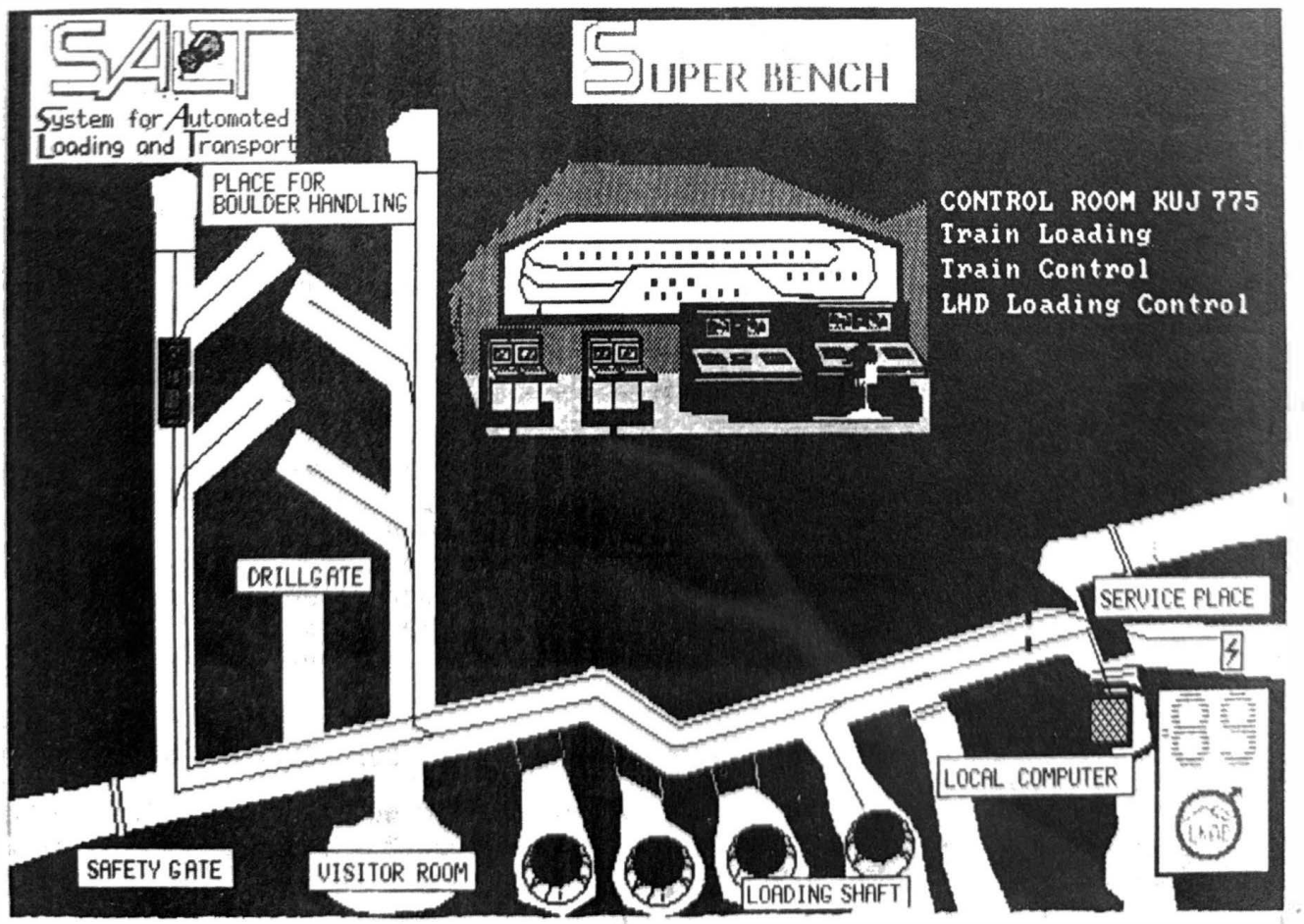

Bild 2.