



## Automaatioratkaisut kaivosteollisuudessa

Janne Mäkipörhölä

Tekniikan koulutusalan opinnäytetyö  
Automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Kemi-Tornion ammattikorkeakoulua opinnäytetyöstä sekä DI Tuomas Pussilaa ja Ins. Aila Petäjäjärveä opinnäytetyön ohjaamisesta. Lisäksi haluan kiittää Ari Ruokojärveä Pyhäsalmen kaivokselta ja Petri Vuolukkaa Kemin kaivokselta puhelinhaastatteluiden antamisesta.

Kemi 20.5.2013

Janne Mäkipörhölä

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Janne Mäkipörhölä
Opinnäytetyön nimi:	Automaatioratkaisut kaivosteollisuudessa
Sivuja:	52
Päiväys:	8.5.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	DI Tuomas Pussila Ins. Aila Petäjäjärvi
<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyön aiheena oli automaatioratkaisut kaivosteollisuudessa. Tavoitteena oli selvittää kaivosten automaation toteutus yleisellä tasolla ja kuvata myös eri kaivosten toteutuksia mahdollisuuksien mukaan.</p> <p>Kaivoksen osatoimintojen yhdistäminen kannattavaksi prosessiksi on vaativa tehtävä. Kaivosteollisuus asettaa myös vaatimuksia, jotka poikkeavat esimerkiksi paperi- ja selluteollisuudesta. Kaivosten automaatioratkaisusta on vähän tietoa saatavilla. Näistä syistä tehtävänä oli tutkia kaivosteollisuuden automaatioratkaisuja.</p> <p>Kaivosteollisuuden automaatioratkaisujen selvittämiseksi opinnäytetyössä käytettiin kirja- ja Internet-lähteitä sekä haastateltiin Kemin kaivoksen ja Pyhäsalmen kaivoksen henkilökuntaa.</p> <p>Kaivosteollisuuden automaatioratkaisujen selvittäminen yleisellä tasolla onnistui hyvin. Käytetyt lähteet ja puhelinhaastattelut tarjosivat tarpeeksi tietoa opinnäytetyön toteuttamiseen. Työssä käytiin läpi muun muassa kaivoksille ominaisia automaatioprosesseja, erilaisia kaivoksiin soveltuvia automaatiojärjestelmiä sekä esiteltiin muutamien kaivosten automaation toteutustapoja.</p>	
Asiasanat: automaatio, kaivos, prosessi.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Janne Mäkipörhölä
Thesis title:	Automation Solutions for Mining Industry
Pages:	52
Date:	8 May 2013
Thesis instructors:	Tuomas Pussila, MSc. (Tech.) Aila Petäjäjärvi, Engineer
<p>The Bachelor's Thesis was commissioned by Kemi-Tornio University of Applied Sciences. The subject was automation solutions for mining industry. The objective was to examine the implementation of mining automation in general and describe the automation solutions for different mines.</p> <p>Combining the sub-functions of a mine to a profitable process is a challenging task. The mining industry also sets requirements that differ, for example, from the paper and pulp industry. There is little information available about automation solutions for mines. For these reasons, the task was to examine the automation solutions for mining industry.</p> <p>Literature and Internet sources, as well as interviews of employees of Kemi Mine and Pyhäsalmi Mine were used in this project to determine automation solutions for the mining industry.</p> <p>Finding out the general automation solutions for the mining industry was successful. The sources and the phone interviews used provided enough information to carry out the project. As a result, presentations of mine specific automation processes and different automation systems suitable for mines were made. A presentation of a number of mines was also made.</p>	
Keywords: automation, mine, process.	

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 YLEISTÄ AUTOMAATIOSTA .....	9
2.1 Automaation tarpeellisuus .....	9
2.2 Automaatiojärjestelmien turvallisuus .....	10
3 PROSESSIAUTOMAATIO .....	11
3.1 Kaivosprosessi .....	11
3.2 Murskaamon automaatio .....	12
3.3 Rikastamon automaatio .....	13
3.4 Tietojärjestelmät .....	15
3.5 Laitteiden ohjaus verkon yli .....	16
3.6 Tuuletus .....	17
3.7 Veden käsittely .....	20
4 PORAUSAUTOMAATIO .....	24
4.1 Porausautomaatio peränporauslaitteilla .....	24
4.2 Porausautomaatio tuotantoporauslaitteilla .....	25
5 TUOTANNONOHJAUS .....	26
5.1 Visualisointi .....	26
5.2 Simulointi .....	27
5.3 Tietoverkkoa käyttäviä sovelluksia .....	27
5.4 Tiedonsiirto ja tietojen keruu .....	27
5.5 Videovalvonta ja -ohjaus .....	29
5.6 Paikannus ja kulunvalvonta .....	29
6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMIÄ .....	30
6.1 ABB 800xA .....	31
6.2 Metso DNA .....	33
6.3 Siemens Simatic PCS7 .....	35
6.4 Sandvik AutoMine .....	37

7	KEMIN KAIVOS .....	40
8	KITTILÄN KAIVOS.....	42
9	PYHÄSALMEN KAIVOS .....	45
10	TALVIVAARAN KAIVOS .....	48
11	POHDINTA .....	50
	LÄHTEET .....	51

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

RFID	(Radio frequency identification) tarkoittaa radiotaajuista etätunnistusta
PLC	(Programmable logic controller) tarkoittaa ohjelmoitavaa logiikkaa
WLAN	(Wireless local area network) tarkoittaa langatonta lähiverkkoa
VoIP	(Voice over internet protocol) on tekniikka, jonka avulla ääntä voidaan siirtää reaaliaikaisesti Internetin tai muun IP-protokollaa käyttävän verkon välityksellä
Profibus DP	(Process field bus data processing) on kenttäväylätekniikka
ZigBee	lyhyen kantaman tietoliikenneverkko
CAN bus	(Controller area network) on ajoneuvoille suunniteltu standardi, joka mahdollistaa mikrokontrollereiden ja laitteiden välisen kommunikoinnin ilman isäntäkonetta
IREDES	(Rock excavation data exchange standard) on foorumi, jossa sovitaan yhtenäisestä tiedonsiirtoformaattista tietokoneiden ja kaivoslaitteiden välillä
Tagi	langattomaan kortinlukijaan vastaava mukana kannettava osa

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on erilaisten kaivosteollisuudessa esiintyvien automaattioratkaisujen selvittäminen. Työ tehtiin Kemi-Tornion ammattikorkeakoululle. Tavoitteena on esitellä kaivosten automaation toteutus yleisellä tasolla sekä tehdä vertailua muuhun prosessiteollisuuteen. Tarkoituksena on tarjota tietoa kaivoksien erilaisista automaatioprosesseista ja automaatiojärjestelmistä. Aiheesta on suoraan saatavilla vähäisesti tietoa ja tämä opinnäytetyö pyrkii korjaamaan sitä asiaa.

Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään automaattioratkaisuja kaivoksella ja rikastamossa. Automaattioratkaisuja käsitellään yleisellä tasolla.

Työssä käsitellään yleisesti automaatiota, kaivoksien automaattioratkaisuja, kaivoksille tyypillisiä automaatioprosesseja sekä automaatiojärjestelmiä, joilla automaattioratkaisut voidaan toteuttaa. Työssä esitellään myös muutamia suomalaisia kaivoksia automaation toteutustapoineen.

Opinnäytetyön toteuttamiseksi käytettiin kirja- ja Internet-lähteitä sekä haastateltiin automaatiosta vastaavia henkilöitä eri kaivoksilta.



## 2 YLEISTÄ AUTOMAATIOSTA

Automaattisella tarkoitetaan itsestään, ilman ohjausta tapahtuvaa tai toimivaa, automaatin tapaan toimivaa. (Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 5)

Automaatio on kreikankielinen termi, joka tarkoittaa koneiden, etenkin automaattisten laitteistojen käyttöä teollisuudessa. Automaatiolle on ominaista erillisten työvaiheiden yhdistäminen yhden tai useamman erikoiskoneen tehtäväksi, tuotantoprosessin automaattinen säätely ja valvonta sekä tietokoneiden käyttö. Automaatio soveltuu erityisesti samanlaisina toistuvien tehtävien toteuttamiseen. Sen katsotaan yleisesti aiheuttavan työttömyyttä, ja ainakin tietyt ammattialat tulevat menettämään merkitystään; toisaalta automaatio luo uusia, uudentyyppisiä työtehtäviä ja Suomessa on teollisuutta nimenomaan korkean automaatioasteen takia. Usein automaatiolla käsitetään pelkästään automaattisen valvonta- tai säätöjärjestelmän käyttöönottoa. (Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 5)

Automaatti, joka tulee kreikan sanasta 'automatos' ja tarkoittaa itsestään liikkuvaa laitetta tai konetta, joka ilman näkyvää ohjausta suorittaa tietyn tehtävän, huomioiden useasti tiettyjä ulkopuolisia tekijöitä. Automaatti voi aloittaa tehtävänsä itsestään määrätilanteessa tai ihminen voi käynnistää sen. (Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 6)

### 2.1 Automaation tarpeellisuus

Automaatio tarjoaa keinon tehostaa tuotantoa ja mahdollisuuden karsia tuotantokustannuksia. Investointien on oltava kannattavia. Automaatiolla voidaan vaikuttaa työtehtävien sisältöön ja tuotannon laatuun sekä ympäristötekijöihin. Yleisiä perusteluja automaation käytölle yrityksissä ovat:

- ihmisille vaarallisten ja raskaiden työtehtävien välttäminen
- tuotannon laadun tasaisuus
- ammattitaidon puute tuotannon avaintehtävissä (hitsaajat, koneistajat...)
- tuottavuuden parantuminen
- miehittämättömien tuotantojaksojen käyttö
- kalliiden tuotantolaitteiden käyttösuhteen parantaminen
- kapasiteetin lisääminen
- helpompi ohjattavuus

- visuaalisempi tuotanto automaatiojärjestelmien avulla. (Aaltonen & Torvinen 1997, 10)

## 2.2 Automaatiojärjestelmien turvallisuus

Automaattisen työprosessin hallinta prosessiteollisuudessa vaatii erityisiä turvajärjestelmiä ja laitteistoihin liittyviä turvatoimintoja. Riskejä voidaan vähentää esimerkiksi turva-automaatiojärjestelmällä, joka on prosessin tai laitteen normaalista käyttöautomaatiosta erillinen järjestelmä. Turva-automaation tehtävä on pysäyttää prosessi laitteineen ja ohjaa sen häiriö- tai vaaratilanteessa turvalliseen tilaan. Ilman turva-automaatiojärjestelmää virheellisestä toiminnasta tai toimimattomuudesta voi seurata vakavia henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkoja. (Tukesin www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)

Turvallisuus voidaan taata esimerkiksi eristämällä autonominen tuontantoalue estejärjestelmällä. Alueelle tapahtuvat murrot voidaan ohjelmoida pysäyttämään autonomiset koneet välittömästi. Tämän tyyppiset turvajärjestelmät ovat hyvin tyypillisiä prosessiteollisuudessa.

Kaivosteollisuuden automaatiota sekä työturvallisuutta pitkälle kehittänyt, kymmenen miljoonaa euroa maksanut, Älykäs kaivos -teknologiahanke aloitettiin vuonna 1992. Tutkimus jaettiin kolmeen eri osaan: automaatiojärjestelmien turvallisuus, laite- ja koneturvallisuus, automaation käyttöönotto ja muutosprosessin hallinta. Hankkeen tavoitteisiin kuului muun muassa menetelmien ja työkalujen löytäminen, joiden avulla koneautomaatio ja tietotekniikan uudet järjestelmät ajetaan sisään kaivosympäristöön siten, että käyttöönotto onnistuu ja uusi teknologia täyttää sille asetetut vaatimukset. Tutkimustyötä tekevät kaivosteollisuus, kaivoskoneteollisuus ja Teknillinen korkeakoulu. (Työsuojelurahaston www-sivut 2013, hakupäivä 25.3.2013)

### 3 PROSESSIAUTOMAATIO

Prosessiautomaatiolla tarkoitetaan eri teollisuudenalojen (esimerkiksi kaivos-, paperi- tai selluteollisuus) tuotantolaitosten toiminnan tehostamista ja turvallisuuden lisäämistä IT-teknologian ja ohjelmasuunnittelun avulla.

Parhaisiin suorituksiin teollisuudessa on päästy automatisoimalla eri tuotantovaiheita, nostamalla koneiden automaatioastetta sekä kehittämällä reaaliaikaisia yhteydenpito- ja tiedonsiirtojärjestelmiä ja tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä. Samanlainen kehitys on viime vuosina alkanut myös kaivosteollisuudessa. (Työsuojelurahaston www-sivut 2013, hakupäivä 25.3.2013)

Automaation tulo kaivoksiin muuttaa työn luonnetta ja vaatii sopeutumista työntekijöiltä sekä johdolta. Turvallisuustekijät, työtavat ja työhön kuuluva vastuu muuttuvat. Useimmissa tapauksissa työvaiheet on prosessimaisesti sidottu toisiinsa ja yksilön vastuualue kasvaa. (Työsuojelurahaston www-sivut 2013, hakupäivä 25.3.2013)

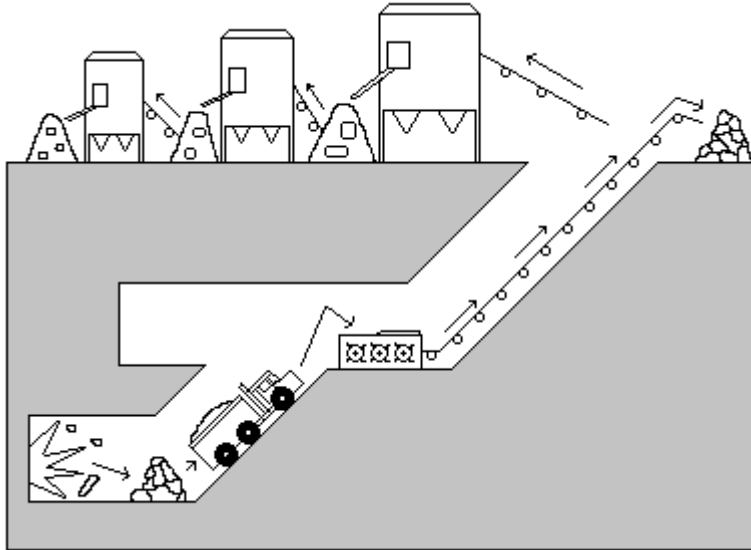
Nyky aikaista teknologiaa hyödyntävissä kaivoksissa vaaralliset ja fyysisesti raskaat työt ovat historiaa.

#### 3.1 Kaivosprosessi

Kaivoksen osatoimintojen yhdistäminen suunnitelmallisesti eteneväksi, jatkuvaksi taloudelliseksi prosessiksi, jossa rikastamolle turvataan laadukas ja tasainen malmivirta, on vaativa tehtävä. Malmin louhinnassa toistuvat päivittäin samat vaiheet: poraus, panostus, räjäytys, tuuletus, lastaus, kuljetus, murskaus, nosto, kalliolujitus. Malmivirta saadaan kuitenkin keskeytymättömäksi siilojen, välivarastojen ja automaation avulla. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 319)

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettu esimerkki maanalaisen kaivosprosessin toteuttamisesta. Malmi irroitetaan kallioperästä räjäyttämällä, jonka jälkeen se lastataan dumperille, joka kuljettaa lastin murskaimeen. Murskaimessa erotetaan malmi sivukivestä. Sivukivi pyritään ohjaamaan hyötykäyttöön ja malmimineraali rikastukseen. Murskauksen jälkeen malmi voidaan kuljettaa maan päälle hihnakuljettimella tai nostokoneella. Maan päällä malmi jatkaa matkaansa

hihnakuljettimella mahdollisiin seulayksiköihin ja välivarastoihin. Lopulta malmi päätyy rikastamoon, jossa louhitusta malmista poistetaan hyödyttömät mineraalit korkeamman arvoainepitoisuuden saavuttamiseksi.



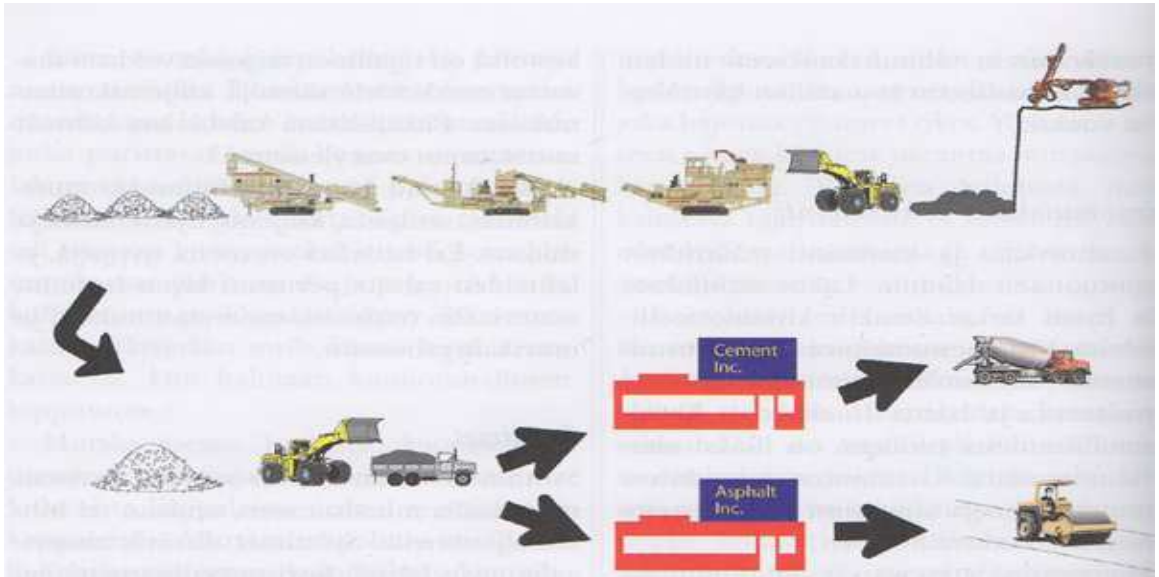
Kuva 1. Esimerkki maanalaisesta kaivosprosessista. (SBM:n www-sivut 2013, hakupäivä 8.5.2013, muokattu)

Nykyaikaisella teknologialla on mahdollista automatisoida suurin osa prosessista. Sandvikin AutoMine on erikoistunut automaattiseen malmin lastaamiseen ja kuljettamiseen työkoneilla. Myös murskain, hihnakuljettimet, seulayksikkö ja välivarastot toimivat automaatiolla ja niitä toimittaa esimerkiksi Metso. Rikastamolla prosessit voidaan myös automatisoida käyttämällä automaatiojärjestelmiä, kuten Metso DNA ja Siemens Simatic PCS7. Rikastusmenetelmiä ovat painovoimamenetelmät, vaahdotus, magneettiset menetelmät sekä liuotusmenetelmät. Koko prosessin operointi voidaan toteuttaa yhdestä valvomosta.

### 3.2 Murskaamon automaatio

Murskaamot voidaan jakaa karkeasti kolmeen tyyppiin: kiinteisiin, osittain mobiileihin ja kokonaan mobiileihin laitoksiin. Ajan saatossa on alettu suosia yhä liikkuvampia joustavampia laitoksia. Murskaamo koostuu syöttimistä, seuloista, kuljetusjärjestelmistä ja siiloista. Murskaamoon on saatavilla useita eri tyyppisiä laitteita ja niiden valinta perustuu kiven laatuun, materiaalin määrään, murskausprosessiin ja tuotevaatimukseen. Kuvassa 2 on esitetty mobiilimurskaamo. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 199)

Murskaamon materiaalivirtaa täytyy säädellä. Murskaamon laitteita ohjataan joko manuaalisesti yksittäin tai keskitetysti automaatiolla. Murskaamon eri laitteet tulee käynnistää ja pysäyttää oikeassa järjestyksessä, koska materiaalia ei voi syöttää eteenpäin, jos seuraava laite ei ole käynnissä. Automaatiolla käynnistys ja pysäytys tapahtuu helposti, koska automaatio huolehtii käynnistyksen ja pysäytyksen sekvensoinnista. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 205)



Kuva 2. Mobiilimurskaamo. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 200)

Automaattinen järjestelmä säätelee ja tarkkailee murskaamolaitteiden toimintaa ja suojaa niitä ylikuormitukselta ja rikkoutumiselta. Automaatio pystyy hoitamaan myös laitteiden voitelun. Järjestelmä tallentaa myös tietoa murskaimen toiminnasta, mistä on hyötyä huoltotoimenpiteitä suunnitellessa ja suorittaessa. Modernit ohjausjärjestelmät ovat käyttäjäystävällisiä, ja niiden värigrafiikka ja kosketusnäytöt antavat hyvän yleiskäsityksen koko murskausjärjestelmästä. Hallinta- ja valvontajärjestelmä pystytään integroimaan keskusvalvomoon, jossa yksi henkilö voi hallita koko murskausprosessia. Tärkeimmissä kohteissa on usein myös kamerayhteys valvomoon. Koska murskausasemalla esiintyvät melu-, pöly- ja värinätaaso ovat usein suuret, erillinen valvomo parantaa työolosuhteita. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 205)

### 3.3 Rikastamon automaatio

Rikastusmenetelmiä on useita ja ne kaikki voidaan toteuttaa automaatiolla. Tärkeimmät rikastusmenetelmät ovat:

- painovoimamamenetelmät

- liuotusmenetelmät
- magneettiset menetelmät
- vaahdotus. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

Painovoimamenetelmät perustuvat mineraalien välisiin tiheyseroihin. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi automaatiolla toimivalla tärypöydällä (Endominesin www-sivut 2013, hakupäivä 14.5.2013). Raskasta väliainetta voidaan myös käyttää painovoimarikastukseen, jolloin kevyempi sivukivi nousee kellumaan väliaineeseen, kun painavammat malmikappaleet painuvat väliaineen pohjalle. Painovoimamenetelmiä voidaan käyttää esimerkiksi kullan ja kromimalmin rikastukseen. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

Magneetit soveltuvat rautamalmien rikastamiseen. Magneetteja voidaan käyttää myös harmemineraalien poistoon pigmenttimineraalien tuotannossa. Esimerkiksi Kevitsan kaivoksella on käytössä suuri magneetti, jota käytetään raudan poistoon CU-NI-malmikivestä. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

Liuotusmenetelmässä malmi liuotetaan happoon. Liuotusmenetelmää voidaan käyttää muun muassa kullan rikastamiseen. Liuotusmenetelmiin kuuluu myös bakteeriliuotus, jossa käytetään hyväksi bakteereja, jotka toiminnallaan saavat metallin erottumaan kivistä. Biokasaliuotusta käyttää esimerkiksi Talvivaarassa kuparin rikastamisessa. (Berg-Andersson, Hernesniemi, Rantala & Suni 2011, hakupäivä 14.5.2013)

Vaahdotus perustuu mineraalien fysikaalisiin ominaisuuksiin ja pinta-aktiivisuuteen. Tietyt mineraalit hylkivät vettä ja sitoutuvat öljyihin, kun toiset taas reagoivat veteen suopeammin. Vaahdotuksessa tätä hyödynnetään puhaltamalla ilmakuplia rikastettavan aineen ja veden seokseen. Rikastettavat mineraalit tarttuvat kupliin ja kuplien noustessa pintaan kehkeytyy vaahdotusastian pintaan mineraalipitoinen vaahto, joka kuoritaan talteen ja kuivataan. Vaahdotusta käytetään esimerkiksi kalkkikiven rikastuksessa. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

Tyypillisiä rikastamoiden prosessin ohjaukseen ja valvontaan käytettäviä mittauksia ovat muun muassa paine-, pH-, virtaus-, pinnan-, ja lietetiheysmittaukset. Nämä mittaukset voidaan toteuttaa instrumenteilla, joita esiintyy myös muussa teollisuudessa (esimerkiksi paperi-, sellu- ja elintarviketeollisuudessa). Rikastamon, kuten myös monien muidenkin teollisuusprosessien, valvonta ja ohjaus voidaan toteuttaa

automaatiojärjestelmän (esimerkiksi Metso DNA) avulla yhdestä valvomosta. Rikastamon prosessiautomaatio ei juurikaan eroa niin sanotusta normaalista prosessiautomaatiosta. Eroavaisuudet tulevat esille lähinnä rikastamolle suunnitelluista laitteista, kuten tärypöydästä.

### 3.4 Tietojärjestelmät

Kaivoksen prosessit asettavat erilaisia ja muusta teollisuudesta (esimerkiksi paperi- ja selluteollisuudesta) poikkeavia vaatimuksia tietojärjestelmille. Erityisesti kaivokselle ovat tyypillisiä:

- useat erilaiset prosessit, kuten louhinta, kuljetus, maanrakennus, mittaus ja turvallisuusvaatimukset
- kaivokselle ominaiset prosessit, kuten malmin arviointi, kairaus, tuotannonsuunnittelu ja peränaajon suunnittelu
- työpisteiden muuttuminen laajalla kaivosalueella; liikkuvat työkonet
- geologisten olosuhteiden (malmirajat, kiven käyttäytyminen) vaikea ennakointi
- osatoimintojen riippuvuus toisistaan ja kaivosinfrastruktura, valmistavista töistä
- kaivoksen usein rajattu elinikä
- laki- ja viranomaisvaatimukset.

Kaikkia tarvittavia tietojärjestelmiä esimerkiksi edellä esitettyihin toimintoihin ei välttämättä ole saatavilla, tai osia on tarjolla vain erillisjärjestelminä. Tämä johtuu kaivosten erityispiirteistä sekä siitä, että kaivostoiminnan osuus muusta teollisuudesta on suhteellisen pieni, varsinkin pohjoismaalaisittain, mutta myös maailmanlaajuisesti. Tämän takia monet kaivosyhtiöt ovat toteuttaneet omia räälöityjä ratkaisuja. Kaivosyhtiöillä on kuitenkin myös yleisiä vaatimuksia, joita voidaan toteuttaa yleisesti käytössä olevilla järjestelmillä. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 324)

Malmitutkimuksen, suunnittelun, louhinnan valmistavien töiden, varsinaisen louhinnan ja lujituksen, kiven käsittelylinjan tasapainoinen yhdistäminen eri aikajänteillä vaatii reaaliaikaista osatoimintojen kokonaishallintaa. Tämä on mahdollista hyödyntämällä 3D-geologista ja kaivosteknillistä suunnittelua sekä nykyaikaista IT- ja automaatioteknologiaa. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 319)

Erityisiä vaatimuksia vaatii esimerkiksi geologia. Geologisen tiedon pohjalta tehdään merkittäviä arviointeja ja päätöksiä, joten tiedon saatavuus, selkeys ja oikeellisuus on todella tärkeää. Geologisen tiedon hallinta ja käyttö vaatii erillisjärjestelmiä muun muassa geologisen laskennan ja visualisoinnin tarpeisiin. Geologisen tiedon kerääminen vaatii myös erityisvaatimuksia, esimerkiksi tiedonkeruu erillään tietojärjestelmistä kairasydänvarastolla tai kaivoksessa. Langattomat tekniikat ovat vähentäneet tätä ongelmaa, mutta kuten videokuvan siirtäminen ei välttämättä sovellu hitaisiin langattomiin verkkoihin videokuvan suuren tiedon vuoksi. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 326)

Monet kaivoksen tietojärjestelmistä ovat yhteisiä tai liittyvät olennaisesti rikastuksen järjestelmiin tai tarpeisiin. Järjestelmä on siis valittava ja kehitettävä rikastamon kanssa. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 328)

### 3.5 Laitteiden ohjaus verkon yli

Murskaus- ja nostolinja käynnistetään ohjaamosta sekvenssikäynnistyskäsä, jolloin automatiikka aloittaa ohjelmoidusti linjan käynnistämisen sen alkupään laitteista. Käynnistys etenee edelleen seuraavien käynnistysvaiheiden käyntiehtojen täytyessä. Erillisiä laitteita, kuten tuulettimia ja pumppuja, voidaan tarvittaessa ohjata ohjaamosta käsin päälle ja pois päältä. Myös erilaisia automatisoituja työkoneita voidaan ohjata verkon yli. Verkkona voidaan käyttää esimerkiksi Profibus DP-verkkoa tai langatonta verkkoa (WLAN). (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

Ohjattavia laitteita muun muassa ovat:

- murskain
- vaunu- ja tärysyöttimet
- hydraulinen iskuvasara
- pölynpoistolaitteet
- hihnakuuljettimet
- malmisiilojen luukut
- nostokone
- kaivostuuletukspuhaltimet
- kaivospumput. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)



### 3.6 Tuuletus

Tuulettamista esiintyy monissa teollisuusprosesseissa, mutta sillä on erityisen tärkeä asema ja merkitys maanalaisessa kaivoksessa, sillä syvällä maan alla ei voida työskennellä ilman raitista ilmaa. Kaivostuuletuksen suunnittelu on tärkeä osa kaivoksen yleissuunnittelua. Kaivostuuletus on kokonaisvaltainen prosessi, jolla säädellään ilman määrää, liikettä, laatua ja jakoa kaivoksessa. Raitista ilmaa tarvitaan hengittämisen lisäksi myös vahingollisten aineiden laimentamiseen sekä joissakin tapauksissa myös lämpötilan ja kosteuden hallintaan. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 285)

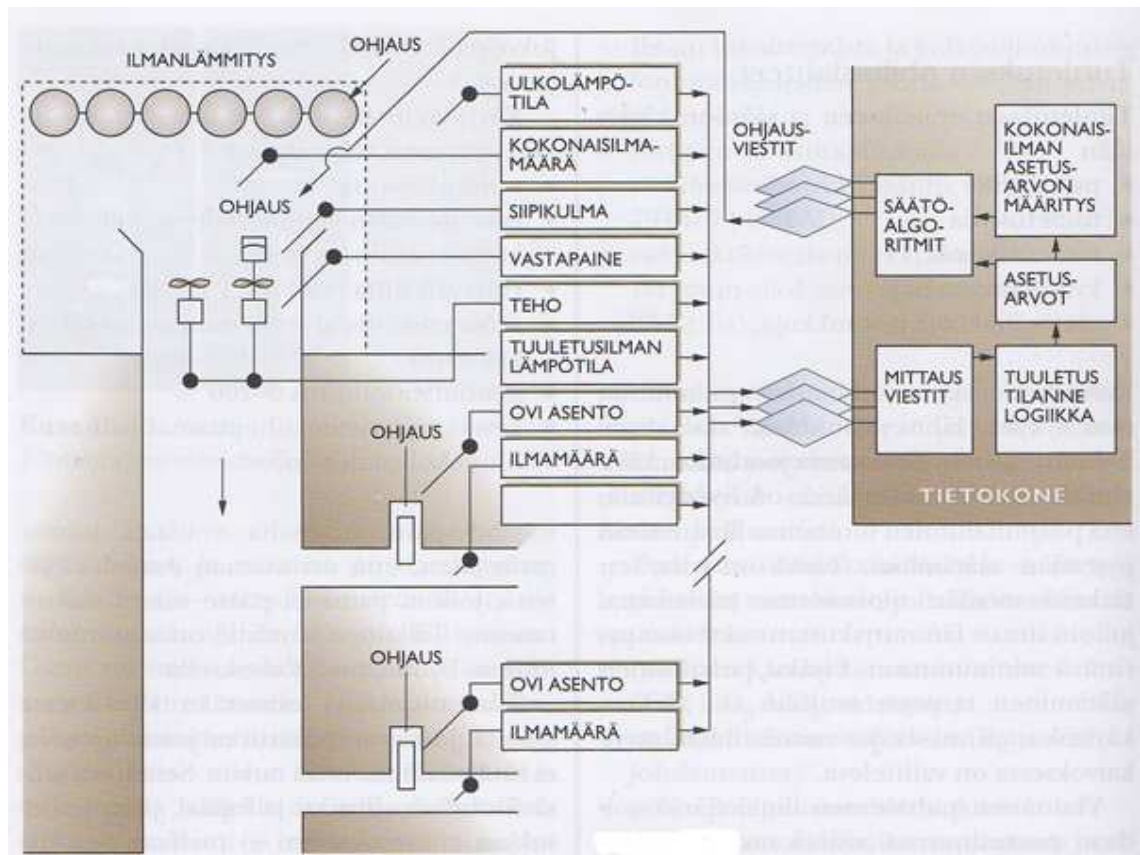
Kaivostunnelin ilmanlaadun on oltava laadukasta. Kun raitis ilma pumpataan kaivoksen sisään, se pitää lämmittää ja sisäilman epäpuhtaudet ja kaasut pumpata ulos. Myös kaivokseen tihkuva vesi täytyy saada ulos. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 20.4.2013)

Ensimmäisenä kysymykseen tulevat ilmanvaihtokuilujen ja -nousujen sekä muiden tuuletusyhteyksien suunnittelu. Näiden mitoitus, sijoitus ja määrät riippuvat esimerkiksi kaivoksen diesel-käyttöisen kaluston määrästä ja konetehosta sekä louhintaräjähdyksiin liittyvästä ilmanvaihtotarpeesta. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 73)

Kaivosten tuuletusjärjestelmät voidaan tarvittaessa toteuttaa myös tietokoneohjauksella, jolloin ne on mahdollista saada automaattisesti toimiviksi. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 73)

Koko tuuletusprosessia ohjaava keskitetty tuuletuksen ohjausjärjestelmä on etenkin vanhemmissa kaivoksissa vielä harvinaisuus. Uusilla, korkean vuosituotannon kaivoksilla ovat koko prosessia ohjaavat järjestelmät yleistymässä hyvällä vauhdilla. Erityyppisiä ohjausjärjestelmiä on kehitetty alkaen pääpuhaltimien kaikkikäytöstä tietokoneen ohjaamaan automaattiseen tuuletusjärjestelmään. Tuuletuksen tilaa valvotaan erityisesti länsimaissa jo säännöllisesti kaivoslakien ja -säästöjen mukaan. Maailmasta löytyy valitettavasti tänäkin päivänä maita, joissa tuuletuksen valvonta on edelleen vähäistä ja tuuletukseen liittyvät ohjausjärjestelmät ja mittaukset varsin harvinaisia. Suomessa ohjataan tuuletusilman lämmityslaitteistojen toimintaa yleisesti automatiikalla. Mittauksiin ja puhaltimien kauko-ohjaukseen liittyvä automatiikka

esiintyy harvemmassa. Kuvassa 3 on esimerkki pitkälle automatisoidusta tuuletuksen ohjaus- ja säätöjärjestelmästä. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 300)



Kuva 3. Pitkälle automatisoitu tuuletuksen ohjaus- ja säätöjärjestelmä Pyhäsalmen kaivoksella. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 300)

Erään jaottelun mukaan voidaan puhua kolmesta eriasteisesta järjestelmätyypistä:

1. Valvontajärjestelmä:

- Voidaan valvoa tuuletuksen tilaa mittausten avulla, mutta varsinaista jatkuvaa säätömahdollisuutta ei ole.
- Voidaan kaukosäätää yksittäisiä laitteita kuten lämmittimiä ja pääpuhaltimia.

2. Valvontajärjestelmä ja manuaalinen kaukosäätö:

- Koko prosessia voidaan hallita valvontamittausten ja kaukosäädön avulla.

3. Automaattinen ohjaus tietokoneen avulla

- Ohjaus voi perustua ilmamäärien asetusarvoihin eri tilanteissa tai pitemmälle vietyinä kaasu- ja pölypitoisuusmittauksiin.

Jatkuva valvonta ja säätö edellyttävät jatkuvatoimista mittausjärjestelmää. Mitattavia suureivat voivat olla esimerkiksi:

- ilmavirtauksen suunta ja nopeus
- ilman lämpötila
- ilmamäärä
- ilman kosteus
- paine-ero
- kokonaispaine
- pölypitoisuus
- kaasupitoisuus
- puhaltimien ja lämmittimien käyntitiedot.

Nykypäivänä kaikki mittaukset voidaan halutessa suorittaa jatkuvatoimisina. Etenkin hiukkasmäärän mittaus on kuitenkin tänäkin päivänä kallista, ja jatkuvatoiminen mittaus voi olla kaivosolosuhteissa työlästä. Useissa tapauksissa jatkuvatoimisen mittauksen kynnyskysymyksenä ovat järjestelmän suunnittelu ja hinta. Pienissä kaivoksissa näille järjestelmille ei välttämättä löydy riittäviä perusteluja korkean hinnan vuoksi. Mikäli laaja, jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä päätetään hankkia kaivokselle, sen suunnittelussa on tärkeää huomioida anturien tarkoituksenmukainen sijoitus eli miettiä, missä mitattavien suureiden tuntemisesta saadaan suurin mahdollinen hyöty irti. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 301)

Tuuletuksen ohjaamisen mahdollistamiseksi tarvitaan tietoa prosessin tilasta. Tietoa voidaan saada joko mittausjärjestelmästä tai pitkältä aikaväliltä; se voi perustua myös silloin tällöin tehtäviin virtausmittauksiin. Tuuletukselta voidaan säätää tietojen perusteella siten, että aikaansaadaan mahdollisimman tehokas tuuletus. Mikäli tyydytään harvakseltaan tehtyihin mittauksiin, voi viive muodostua ongelmalliseksi. On mahdollista, että tuuletilanne on ehtinyt muuttua jo ennen kuin muutokset edellisten mittausten pohjalta on ehditty tehdä. Parhaisiin tuloksiin päästään ohjausjärjestelmällä, joka reagoi kaivoksen tuuletilanteen muutostarpeisiin mahdollisimman nopeasti, miltei reaaliajassa. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 301)

Tuuletuksen ohjausjärjestelmä voi olla myös paikallinen. Yksinkertaisen automatiikan avulla on mahdollista tietyssä pisteessä ylläpitää esimerkiksi ilman virtausmäärä tai -suunta tai haluttu lämpötila. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 301)

Miehitettyjen työkoneiden ohjaamot on myös ilmastoitava hyvin, jotta muun muassa poraustöiden aiheuttama kivipöly ei joudu hengitettäväksi.

### 3.7 Veden käsittely

Vesi asettaa kaivostoiminnalle lisää erityisvaatimuksia, sillä vedentulo kaivokseen on jatkuvaa ja sen määrä vaihtelee vuodenaikojen, sateisuuden ja lumen sulamisen vaikutuksesta. Kaivoksiin tuleva vesi on peräisin pohja- ja pintavesistä sekä kaivostöissä ja laitteistoissa (esimerkiksi poraus-, kaivostäyttö-, kastelu- ja pölynpoistojärjestelmissä) käytetyistä vesistä. Kaivoksista on jatkuvasti poistettava vettä pumppaamalla vedet maan pinnalle. Tätä varten kaivoksissa on louhitut tilat pumppuasemille sekä pumppaus- ja selkeysaltaille. Kuvassa 4 on esimerkki kaivokselle rakennetusta pumppaamosta. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 307)



Kuva 4. Pyhäsalmen kaivoksen +645-pumppaamo. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 310)

Kaivoksen suunnittelussa on tärkeää ottaa alusta pitäen huomioon vesien hallittu ohjaus pumppaamoille. Vesi on pyrittävä ohjaamaan pois muun muassa kulku- ja lastausväyliltä ja sähkölaitteet on suojakoteloitava. Tulee myös huomioida mahdollinen tulvatilanne, kun esimerkiksi pumput jostain syystä lakkaavat hetkeksi toimimasta. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 248)

Pumppujen käynnistäminen ja pysäyttäminen tapahtuu automaattisesti, kun pumppualtaan vedenpinta nousee käynnistys- tai pysäytysrajan. Nykyaikaisessa kaivostoiminnassa pumppauksen ohjaus toimii automaattisesti, ja altaiden pinnankorkeuksien ja pumppauksen tuottoa on helppo seurata automaatiojärjestelmien avulla. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 315)

Erilaisia pintaohjelmia pumppujen ohjaamiseen ovat muun muassa:

- kellukytкимиä
- uimurikytкимиä
- kosketinelektrodijärjestelmiä
- kapasitiivisia järjestelmiä
- nesteen hydrostaattista painetta mittaavia järjestelmiä.

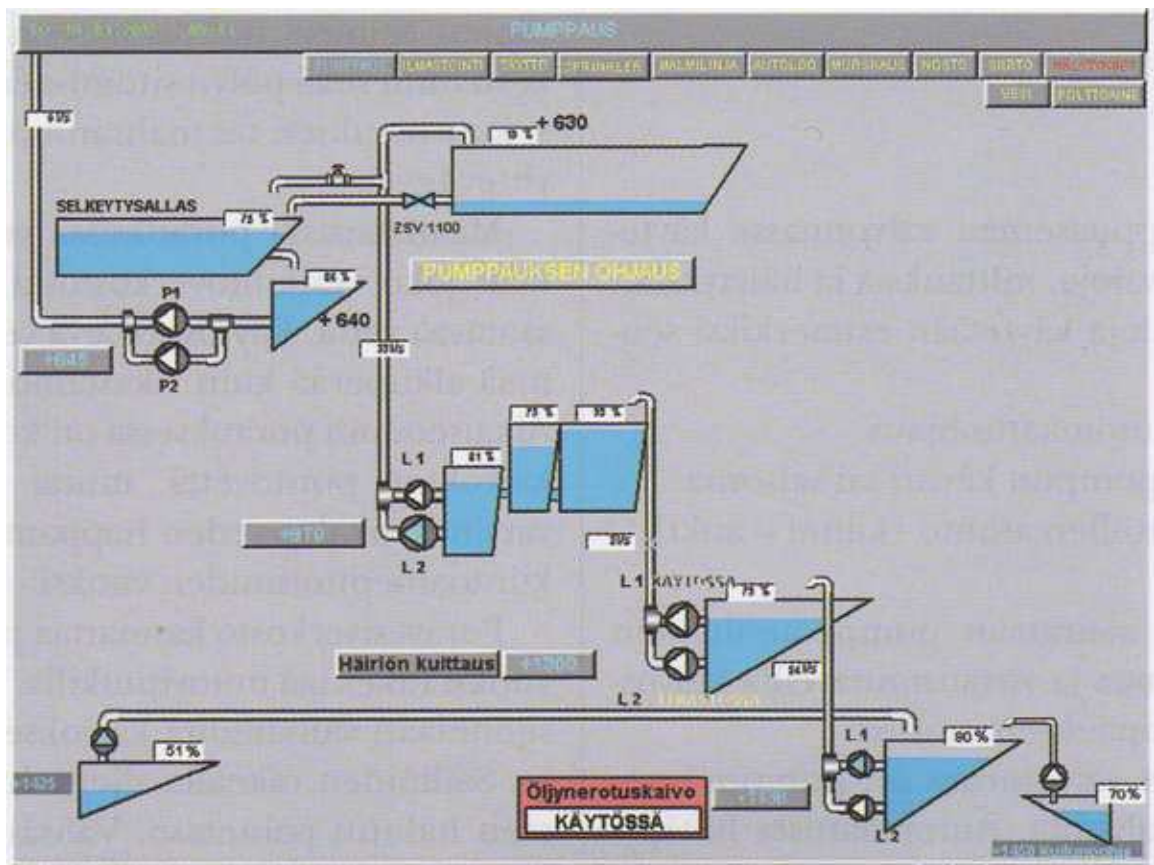
Pintaohjaimesta tuleva käynnistysimpulssi sulkee kontaktorin, ja pumpun moottori käynnistyy. Käynnistyminen tapahtuu suljettua venttiiliä vasten. Sulkuventtiilin ja pumpun välinen paineohjaus käynnistää sulkuventtiilin moottorin ja aukaisee venttiilin. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 315-316)

Ohjaus pysäytysrajalla tapahtuu siten, että ensin suljetaan venttiili täysin ja sitten pysäytetään pumpun moottori. Kuvassa 5 on esimerkki pumppauksen ohjauksesta automaatiojärjestelmässä. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 316)

Pumppusäiliössä voi olla useampia käynnistysrajoja. Kun yhden pumpun kapasiteetti ei riitä, toinen raja käynnistää toisen pumpun rinnakkaiskäyttöön. Pysäytysraja on kaikilla pumpuilla sama. Pumppuja on yleensä myös mahdollista ohjata käsiohjauksella. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 316)

Keskuspumppuaseman seurannassa käytetään ohjausvaloja, mittauksia ja hälytyksiä. Ohjausvaloja käytetään esimerkiksi seuraavasti:

- käsi -tai automaatioohjaus
- jokaisen pumpun käynti tai seisonta
- sulkuventtiilien asento (kiinni - auki).



Kuva 5. Pumppauksen ohjaus automaatiojärjestelmässä. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 315)

Mittauksilla valvotaan pumppausaltaiden pinnan asemaa ja virtausmittareilla kaivosveden pumppauksen tuottoa. Pumppauksen hälytyksen valvonta löytyy kaivoksen valvomosta. Automaattista hätäpysäytystä käytetään muun muassa seuraavissa tilanteissa:

- Pumpun lämpötila on liian korkea.
- Moottori ylikuormittuu.
- Venttiili ei sulkeudu asetusajkaan.
- Venttiili ei aukea asetusajkaan.
- Putkiston paine on liian alhainen.
- Laakerien värähtelytasot ovat liian suuria (yli pysäytysrajan).
- Pumppusäiliön pinta saavuttaa pysäytysrajan.

Hälytystä ja hälytysvaloa voidaan käyttää muun muassa seuraavissa tilanteissa:

- Pumppu ei käynnisty tai pysähdy.
- Moottorin tai pumpun laakerien värähtelyt tai lämpötilat ovat liian korkeita.
- Pumpun voiteluöljyssä on esimerkiksi vettä tai epäpuhtauksia.

- Muuntajan lämpötila on liian korkea.
- Moottorin lämpötila on liian korkea.
- Muuntajan öljynpaine on liian alhainen.
- Säiliön vedenpinta on saavuttanut hälytysrajan. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 316)

## 4 PORAUSAUTOMAATIO

Tunnelilouhintakohteissa ja maanalaisissa kaivoksissa käytetään peränporauslaitteita räjäytysreikien ja jatkoporauksien poraamiseen. Peränporauslaitteet ovat yleensä sähköhydraulisia, mutta niitä valmistetaan myös dieselhydraulisina. Laitteisiin on mahdollista asentaa eri ohjausjärjestelmiä, joista nykypäivänä yleisimpiä ovat suoraohjaus- ja väyläohjausjärjestelmät (CAN bus). Väyläohjausjärjestelmän etuina ovat muun muassa laajennettavuus ja päivitettävyys, eri automaatioasteiden mahdollisuus sekä sisäänrakennettu vikadiagnostiikka. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 160)

Kaivoksissa malmin tuotantolouhinnassa käytetään maanalaisia tuotantoporauslaitteita. Tuotantoporauslaitteita käytetään myös satunnaisesti tunnelilouhintakohteissa (öljysäiliöt, siilot jne.). (Hakapää & Lappalainen, 2009, 163)

### 4.1 Porausautomaatio peränporauslaitteilla

Peränporauslaitteisiin on valittavana eri porausautomaatioasteita: käsikäyttöinen poraus, yhden reiän automatiikka ja täysautomaatiikka. Täysautomaatiikan käyttö on lisääntynyt viime vuosina erityisesti isoissa tunnelilouhintakohteissa, joissa käytetään kolmi- tai nelipuumisia laitteita. Kun puomeja on monta, porakoneet kehittyneitä ja tunkeutumisnopeudet ovat sen ansiosta suuret, vaaditaan käyttäjältä erityistä huolellisuutta ja nopeutta. Kuvassa 6 on kolmipuominen tunnelinporauslaite. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 161)



Kuva 6. Kolmipuominen tunnelinporauslaite. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 161)



Kun porataan täysautomaatiikalla, porakaaviot suunnitellaan ennalta työmaatoimistolla ja siirretään joko muistitikkua tai langatonta verkkoa käyttäen porauslaitteelle. Porakaavioon on suunniteltu valmiiksi sekvenssit, joita puomit suorittavat. Täysautomaatiikan käyttö mahdollistaa tasaisen louhintajäljen käyttäjästä riippumatta. Yhdensuuntaisautomaatiikka säilyttää syöttölaitteen suunnan reiänvaihdon aikana. Pyörityssuunnan automaattinen vaihto kuluttaa vähemmän jäykkien porien teriä ja niskoja. Pysäytys- ja palautusautomaatiikka pysäyttää porakoneen reiän valmistuttua ja palauttaa porakoneen lähtöasentoon. Lusta-automaatiikka ehkäisee kiinniporautumisen. Automaatiikka optimoi myös syöttövoiman, pyörityspaineen, iskupaineen sekä muut parametrit kuhunkin sovellukseen ja kivilajiin. Automaatiosta huolimatta käyttäjä on käytännössä koko ajan mukana porauksessa, sillä tunnelin katon, seinämien sekä puomien tarkkailu vaatii läsnäoloa. Laitteen käyttäjä voi vahtia porauksen etenemistä sekä syöttölaitteen kulmia, porauspaineita ym. laitteen toimintoja ja kuntoa hytissä olevasta näyttöruudusta. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 161)

#### 4.2 Porausautomaatio tuotantoporauslaitteilla

Porausautomaatioasteet ovat tuotantoporauslaitteilla samat kuin peränporauslaitteilla: käsikäyttöinen poraus, yhden reiän automatiikka ja täysautomaatiikka. Toisin kuin peränporauksessa, tuotantoporauslaite voidaan jättää poraamaan täysautomaatiikalla ilman käyttäjää esimerkiksi ruokailun tai iltavuoron ajaksi. Muutamalla kaivoksella on myös käytössä täysin etäohjattavia laitteita. Automaatiolla nostetaan sekä tehokkuutta että lisätään työturvallisuutta. Lisävarusteita on lisäksi saatavilla muun muassa navigointiin sekä porauskaavioiden käsittelyyn. Kuvassa 7 on tuotantoporauslaite. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 161)



Kuva 7. Tuotantoporauslaite Simba M6 475 metrin syvyydessä Kemin kaivoksella. (Suomen kuvalehden www-sivut 2013, hakupäivä 8.5.2013)

## 5 TUOTANNONOHJAUS

Ennen kaivosradiopuhelinjärjestelmää perinteisenä ongelmana kaivoksen tuotannonohjauksessa oli se, että tuotantotietojen palaute kulki hitaasti organisaatiolle. Tuotantotilanteiden muutoksiin reagointi sekä tuotantosuunnitelmien noudattamisen valvominen oli mahdotonta lyhyellä viiveellä. Kaivoksen kattava langaton lähiverkko, langattomat päätelaitteet sekä WLAN VoIP (Voice over Internet Protocol)-puhelimet mahdollistivat jatkuvan toimintojen seurannan ja raportoinnin reaaliajassa. Kattava tuotantojärjestelmä yhdistettynä verkkotekniikkaan sekä toimintojen visualisointi tarjoavat alustan koko kaivostyön ohjaukselle ja dokumentoinnille. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

### 5.1 Visualisointi

Visualisointia varten on laadittava koko kaivoksen kattava järjestelmällinen nimeämiskäytäntö louhoksille ja tunneleille. Kaikista louhituista ja louhittavista tiloista on oltava tiedot tietokannassa. Itse visualisointi vaatii, että kaivos- ja louhintasuunnittelutiedot ovat saatavilla digitaalisessa muodossa ja että ne ovat helposti muutettavissa riittävän kevyeen esitysformaattiin, jotta visualisointi ja simulointisovellukset toimivat tavallisissa työasemissa. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

Tämän päivän sovelluksissa esimerkiksi Kemin kaivoksella kaivoksen 3D-ohjelmistolla esitetään työntekijöiden ja kaivoskoneiden sijainnit WLAN-tukiasemien tarkkuudella. Kaivoslaitteet, kuten puhaltimet, pumput, porapakit, tukiasemat ja kaapeloinnit, ovat todellisilla paikoillaan. Rusnaustilanne, eli tilan seinissä tai katossa löyhästi kiinni olevien lohcareiden karistaminen alas ja myös muun rikkoutuneen aineksen poistaminen kalliopinnoista, osoitetaan värikoodeilla. Konerusnauspaikat tallennetaan historiatietoihin, ja niitä voidaan tarkastella 3D-mallissa, jossa rakenteet on helppo hahmottaa. Myös tarkastelujakson ja tuotantosuunnitelmien aikana toteutuneiden tuotantotietojen visualisointi helpottaa resurssien ja töiden ohjausta oikeisiin kohteisiin. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

## 5.2 Simulointi

Tuotannon simuloinnin tavoitteena on päivittäisten toimintojen ohjauksen helpottaminen sekä pitkäaikaisten suunnitelmavaihtoehtojen vertaileminen ja tuotantoaikatauluista päättäminen. Tuotantosuunnitelmiin voidaan yhdistää esimerkiksi kalliomekaanista informaatiota ja kokemusperäistä tietoa louhinta- ja kuljetuskapasiteeteista. Suunnitelmiin voidaan lisätä myös esimerkiksi sortumaennusteita, ja niiden pohjalta on mahdollista tehdä varasuunnitelmia tuotannon turvaamiseksi. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

## 5.3 Tietoverkkoa käyttäviä sovelluksia

Tietoverkko on esimerkiksi tietokoneiden ja niiden välisten tietoliikenneyhteyksien muodostama järjestelmä, joka mahdollistaa tiedon välittämisen.

Tietoverkko mahdollistaa erilaisten sovellusten käyttämisen. Tietoverkko on olennainen osa automaation toteutusta, sillä sen avulla voidaan muun muassa ohjata ja valvoa kaivoskoneita esimerkiksi tietokonetta käyttäen. Tietoverkkoa käytetään muun muassa seuraavissa sovelluksissa:

- kaivosautomaatioon liittyvä tiedonsiirto, ohjaus ja valvonta
- autonomisten kaivoskoneiden etäohjaus, käyttö ja valvonta
- tehdastietojärjestelmä
- tuotannonsuunnittelujärjestelmä
- mikroseisminen mittausjärjestelmä
- puhekommunikaatio (VoIP)
- henkilöiden ja ajoneuvojen paikannus ja kulunvalvonta
- valvontakamerakuvan siirto. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 320)

## 5.4 Tiedonsiirto ja tietojen keruu

Tiedonsiirto kaivoskoneille sekä tietojen kerääminen työkoneilta voidaan toteuttaa yksinkertaisimmillaan WLAN VoIP -puhelimien tai ajoneuvopäätteen avulla, jolloin tuotannon tiedot ja tiedot tuotannon kohteesta yksinkertaisesti syötetään esimerkiksi selainlomakkeelle ja siirto tietojärjestelmään tehdään, kun saavutaan lähiverkon

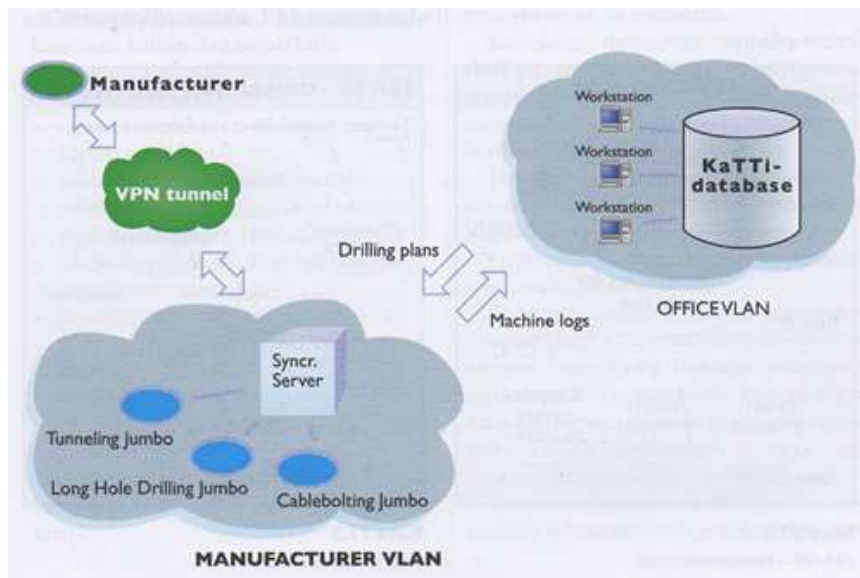
vaikutusalueelle. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki tiedonsiirron virtuaaliverkosta. Monet laitevalmistajat ovat valmistaneet laitteidensa automatiikkaan standardin verkkoliitännän, jolloin tuotanto- ja kunnossapitotiedot saadaan suoraan koneen automaatiojärjestelmästä ja suunnittelutiedot voidaan vastaavasti lähettää työkoneen päätielokoneelle. IREDES (International rock excavation data exchange standard) on suurimpien kaivoslaitevalmistajien yhdessä kehittämä foorumi, jossa sovitaan yhtenäisestä tiedonsiirtoformaatista tietokoneiden ja kaivoslaitteiden välillä. Näin vältetään tietojärjestelmien valmistajaspesifisyys. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 321)

Ohjaus- ja valvontatietoja tuotannon ja laitteiden tilasta ovat:

- koneiden ja laitteiden käyntitiedot
- hälytykset (laiteviat, ilman laatu, veden pinta, kaivostäyttölinjan vuoto)
- nostetun malmin määrä
- siilojen pinta
- kaivosilman virtaus, lämpötila ja haittapitoisuudet
- kaivosveden pumppausvirta. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 321)

Tehdastietojärjestelmään päiuitettävät ja sieltä haettavat tiedot:

- tuotantoluvut (nostetun malmin määrä ja pitoisuudet)
- kustannukset
- vuorolistat
- tuntiaput
- dokumentit (manuaalit, piirustukset)
- varastotiedot (varaosat, tarvikkeet). (Hakapää & Lappalainen, 2009, 321)



Kuva 8. Tiedonsiirron virtuaaliverkko. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 321)

### 5.5 Videovalvonta ja -ohjaus

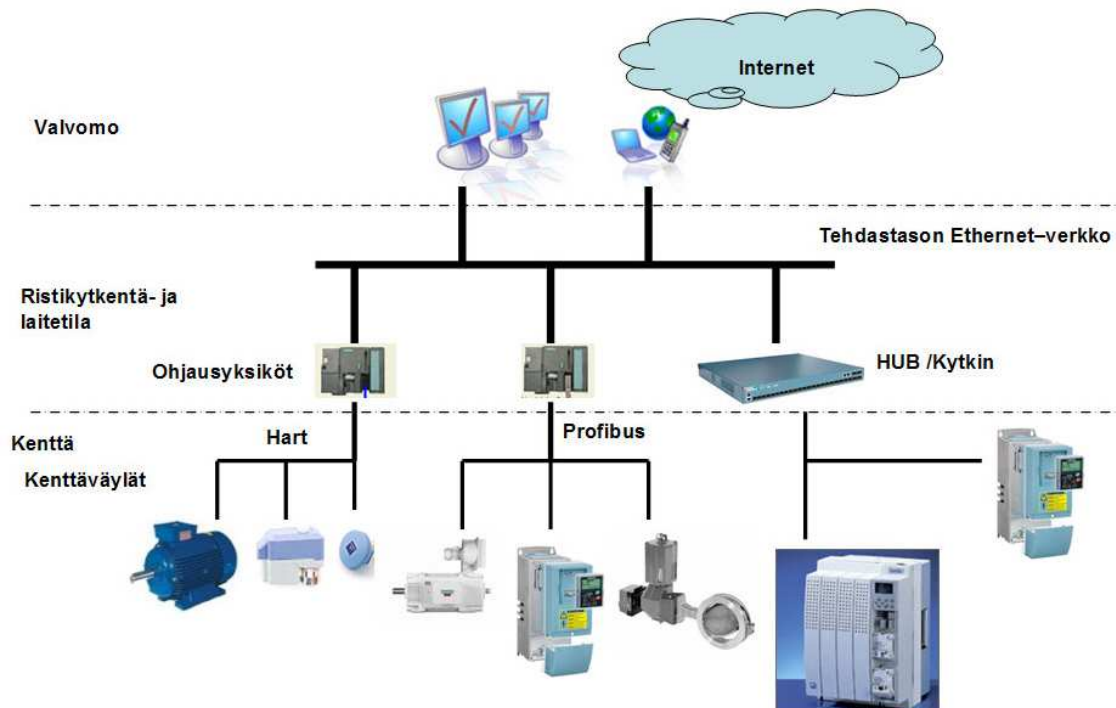
Verkkokameroilla voidaan siirtää videovalvontakuvaa ohjaamoon ja tietokoneille. Valvontakohteita ovat muun muassa murskaus- ja nostolinjan koneet ja laitteet, pumppaamoiden ja kaivostäyttöputken vuodot, sumu, kiven liikkuminen louhoksessa ja henkilöliikenne. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 321-322)

### 5.6 Paikannus ja kulunvalvonta

Kaivoslaki velvoittaa valvomaan henkilöiden kulkua kaivoksessa. Tarkoituksena on, että tiedetään ketkä ovat maan alla räjäytysten aikana tai kaivosta evakuoitaessa. Kulunvalvontaa on toteutettu perinteisesti valvontataululla, johon ripustetaan henkilökohtainen nimilaatta. Kaivoksessa henkilöiden ja ajoneuvojen kulunvalvontaan ja paikantamiseen voidaan käyttää myös tietoverkkoon yhdistyviä langattomia tunnistimia, tageja sekä päätelaitteita. WLAN-tagit tai -pätelaitteet viestivät kaivoksen WLAN-tukiasemien kanssa ja muihin tiedonsiirtotekniikoihin (RFID, ZigBee) perustuvat tagit edellyttävät tietoverkkoon liitetyn lukuporttinsa antenneineen. Kulunvalvontaa ja paikannusta voidaan käyttää hyödyksi pelastustilanteissa sekä kaivostuuletuksen automaattisessa ohjauksessa. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 322)

## 6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMIÄ

Automaatiojärjestelmä voi olla yksittäinen logiikkalaite tai vaikka koko tehtaan tai kaivoksen toiminnan ohjaamisen kattava järjestelmä. Kokonaisen tehtaan tuotannollista toimintaa ohjaava automaatiojärjestelmän keskusyksikkönä toimii valvomoasema, joka rakentuu PC-laitteistosta ja laitteistoon liitetystä erilisistä I/O yksiköistä. Valvomoaseman I/O-yksiköihin on kytketty tehtaalle menevät ohjausväylät, jotka voivat olla kuparikaapeliperustaisia parikaapeliväyliä tai valokuituyhteyksiä. Ohjausväylistä käytetään myös nimitystä kenttäväylä ja ne liittävät kentällä olevat ohjausyksiköt sekä yksittäiset toimilaitteet ja anturit valvomotietokoneisiin. Kuvassa 9 on esimerkki tyypillisestä tehdaskohtaisesta automaatiojärjestelmästä. (Kunnossapidon www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)



Kuva 9. Esimerkkikuva tyypillisestä tehdaskohtaisesta automaatiojärjestelmästä. (Kunnossapidon www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)

Automaatiojärjestelmien valintaan vaikuttaa käyttötarkoitus, hinta-laatusuhde, yhteensopivuus, käyttövarmuus sekä laitetoimittajan luotettavuus ja osallistuminen mahdollisiin myöhempiin tarpeisiin. Asiakkaat eivät yleensä tahdo jäädä "yksin" tilauksen toimittamisen jälkeen. Muun muassa näistä syistä Talvivaara valitsi automaatiojärjestelmäkseen Metso DNA:n. Muita suosittuja automaatiotoimittajia

Suomessa Metson lisäksi ovat esimerkiksi Siemens ja ABB. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 23.4.2013)

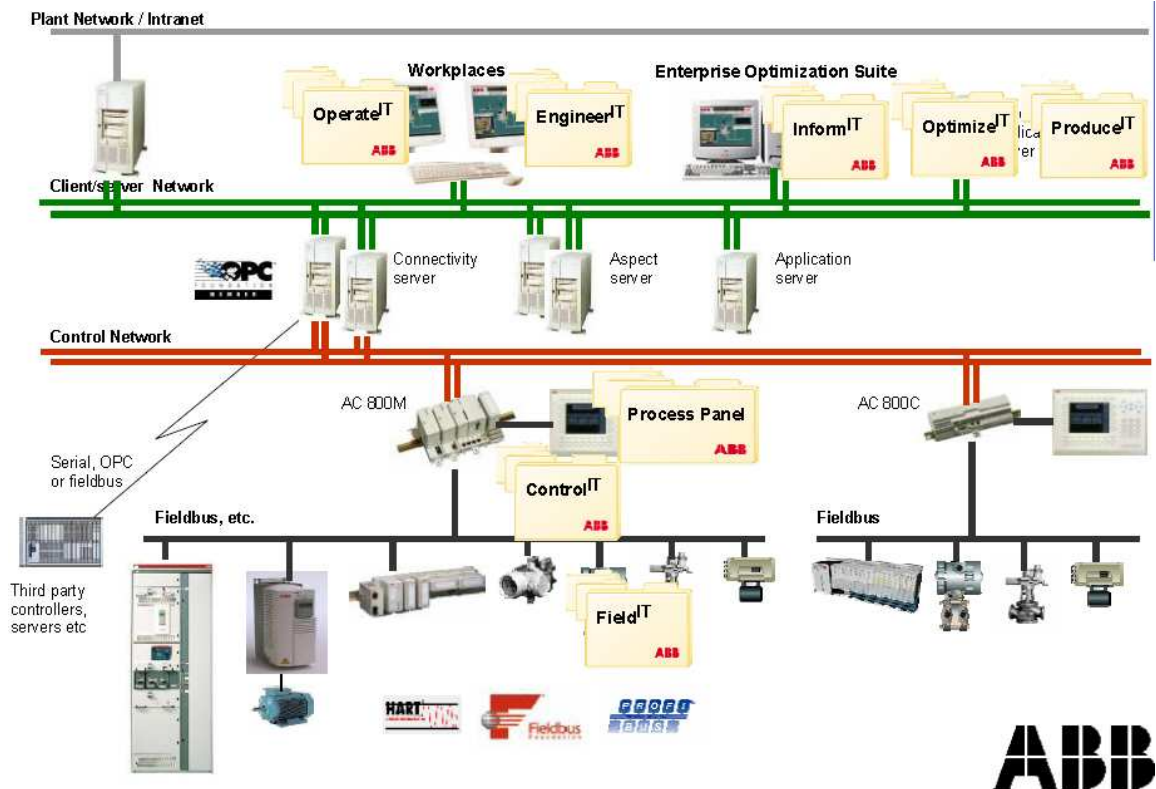
Suomen kaivoksissa esiintyviä automaatiojärjestelmiä ovat muun muassa ABB Industrial 800xA (Kittilän kaivos), Metso DNA (Talvivaaran kaivos) ja Siemens Simatic PCS7 (Kemin kaivos).

## 6.1 ABB 800xA

800xA on ABB:n valmistama automaatiojärjestelmä, jolla voidaan ohjata ja valvoa erilaisia prosesseja. Järjestelmä koostuu valvomosta, ohjelmoitavista logiikoista, hajautetuista ohjausjärjestelmistä, väylistä, I/O -moduuleista, turvajärjestelmistä ja toiminnanohjausjärjestelmästä. Järjestelmään on myös integroitu videojärjestelmä, jonka avulla voidaan valvoa ja ohjata prosesseja. Esimerkiksi prosessin lämpötiloja voidaan valvoa järjestelmän infrapunakameroilla. Järjestelmää voidaan käyttää myös simuloimiseen. Kuvassa 10 on esitetty ABB 800xA -järjestelmän arkkitehtuuri. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)

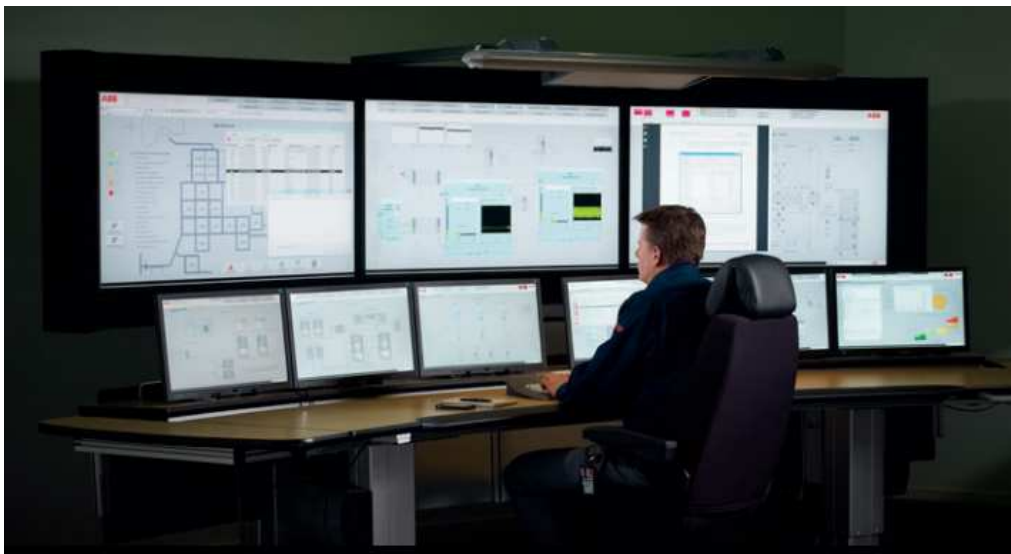
800xA soveltuu erilaisten prosessien ohjaukseen. Järjestelmä on joustava ja laajennettava. Automaatiojärjestelmän hajautettuihin ohjausjärjestelmiin voidaan integroida muun muassa AC 800M ja AC 800C ohjausyksiköt. ABB 800xA -järjestelmällä voidaan ohjata kaivoksissa muun muassa pumppuasemia, murskausta, seulontaa, mineraalien talteenottolinjaa ja rikastamon prosesseja ohjausyksiköiden avulla.

Järjestelmän diagnostiikan avulla kyetään myös ennalta torjumaan älykkäiden laitteiden vikaantumista. Järjestelmässä on myös historia-asema, joka mahdollistaa prosessin seurannan pitkällä aikavälillä ja josta voidaan generoida tuotantoa koskevia raportteja. (Pietilä 2008, hakupäivä 9.5.2013)



Kuva 10. ABB 800xA -järjestelmän arkkitehtuuri. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)

ABB on panostanut työergonomiaan ja käyttäjäystävälliseen operointiin. ABB suunnittelee myös valvomoita, työhuoneita ja ohjauskeskuksia. Järjestelmälle saa muun muassa useamman näytön, jotka on aseteltu silmille miellyttävästi, kuten kuvassa 11. ABB tarjoaa myös muita työviihtyvyyttä ja tehokkuutta parantavia tuotteita. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)



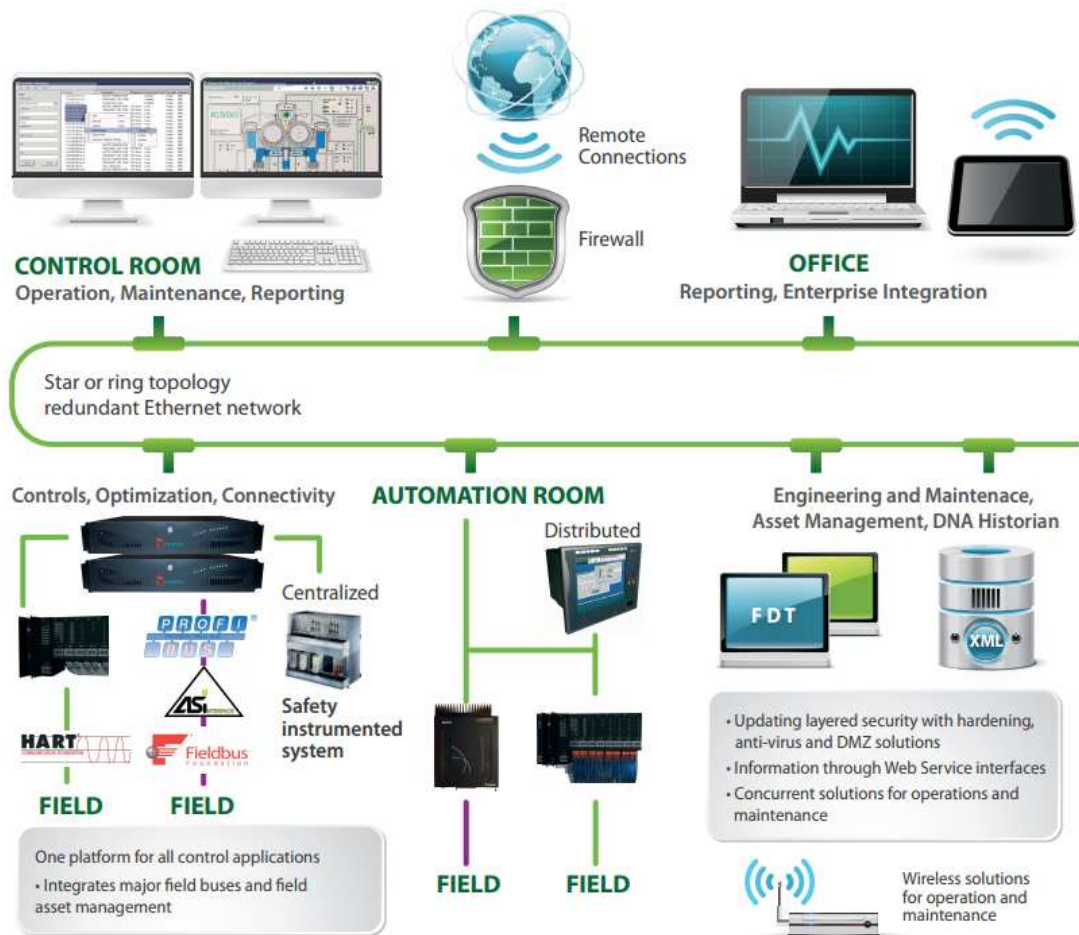
Kuva 11. ABB 800xA -valvomo. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 9.5.2013)



Suomessa ABB 800xA -automaatiojärjestelmä on käytössä esimerkiksi Kittilän kaivoksella.

## 6.2 Metso DNA

Metso DNA on Metson valmistama automaatiojärjestelmä, jolla voidaan ohjata ja valvoa prosessia. Järjestelmä koostuu valvomosta, prosessiasemista, valokuitumuuntimista, väylistä, korttikehikoista ja korteista. Metso DNA yhdistää automaatio- ja informaationhallintatoiminnot yhdeksi verkoksi. Järjestelmän prosessiohjaimien ja I/O-korttien tehokkuus mahdollistaa nopeat ohjaukset. Kuvassa 12 on esitetty Metso DNA -järjestelmän arkkitehtuuri. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 23.4.2013)



Kuva 12. Metso DNA -järjestelmän arkkitehtuuri. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 23.4.2013)

Dynaamisessa sovellusverkossa eri ohjelmistoihin ja laitteistoihin perustuvat sovellukset muodostavat yhdessä eri verkkotoiminnoista koostuvia aktiviteetteja. Näitä aktiviteetteja ovat:

- tietämyksenhallinta
- informaatiohallinta
- operointi
- säätöaktiviteetti
- liityntä
- suunnittelu ja ylläpito
- tehtaan tuotantotekijät.

Tietämyksenhallinta-aktiviteetti mahdollistaa jatkuvan oppimisen jakamalla koko yrityksen tietämyksen jokaisen käyttäjän saataville. (Metso, tuotekuvaus 2009)

Informaationhallinta-aktiviteetti koostuu prosessi-, hälytys- ja panosohjausten historiatietokannoista, joissa olevia tietoja raportointi- ja analysointityökalut käyttävät. (Metso, tuotekuvaus 2009)

Operointiaktiviteetti pitää sisällään prosessin käyttöliittymät-, hälytyskäsittelyt-, integroidun tietämyksen- ja informaationhallinnan. (Metso, tuotekuvaus 2009)

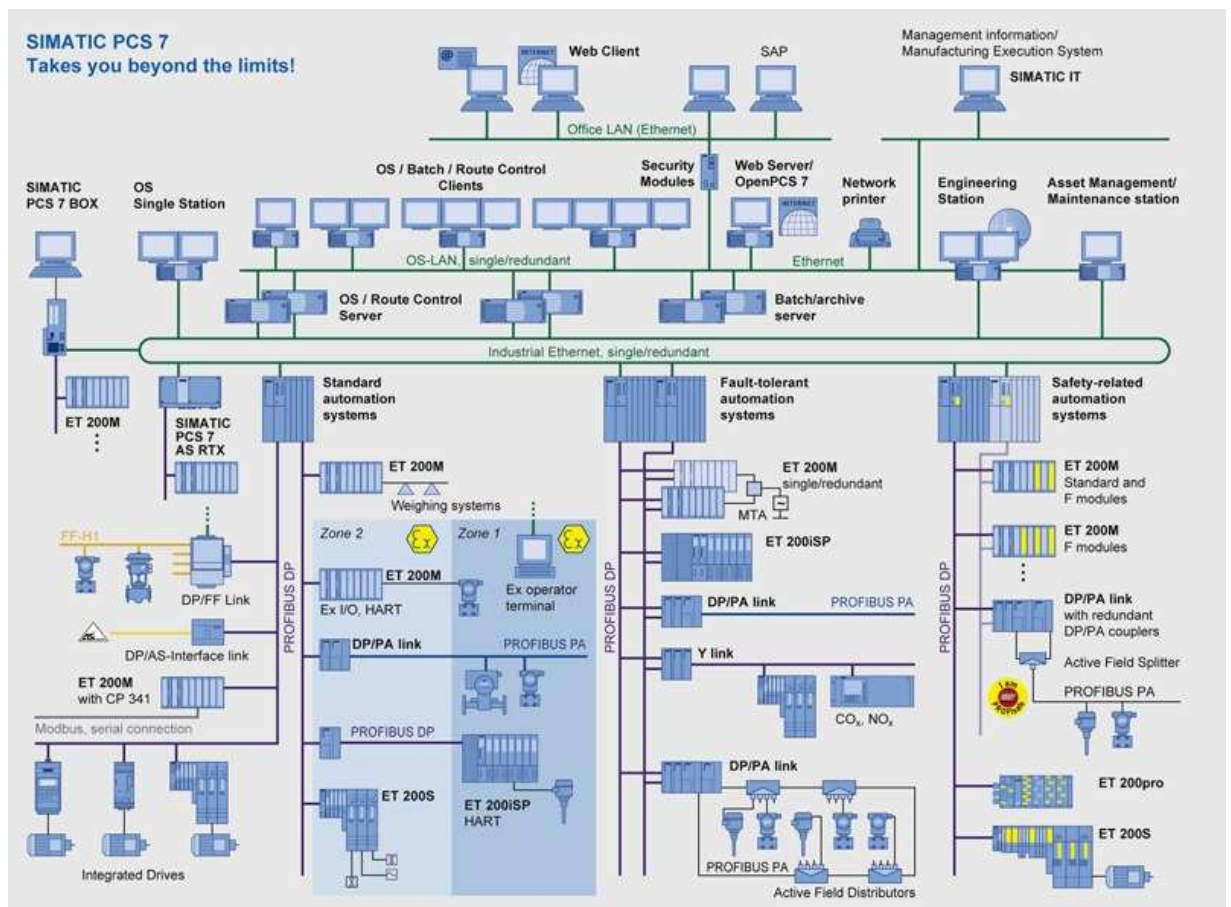
Kenttäaktiviteetti sisältää kehikko-I/O:n, sulautetun kenttä- ja moottori-I/O:n, standardit kenttäväylät, PaperIQ-mittaraamit, mittarit ja toimilaitteet. (Metso, tuotekuvaus 2009)

Metso DNA-järjestelmällä ohjataan ja valvotaan kaivoksissa muun muassa pumppuasemia, murskausta, seulontaa ja mineraalien talteenottolinjaa. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 23.4.2013)

Suomessa Metso DNA -automaatiojärjestelmä on käytössä esimerkiksi Talvivaaran kaivoksella.

### 6.3 Siemens Simatic PCS7

Simatic PCS7-automaatiojärjestelmä soveltuu erilaisten prosessien ohjaukseen ja valvontaan. Järjestelmä tarjoaa käyttäjilleen ominaisuuksia, kuten joustavan arkkitehtuurin, joka on helppo sopeuttaa prosessin vaatimuksiin sekä useat laajennuspaketit eri tyyppisten prosessien tarpeisiin, kuten Simatic Batch -panosprosessien ohjaukseen. Kuvassa 13 on esitetty Siemens Simatic PCS7 -järjestelmän arkkitehtuuri. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)



Kuva 13. Simatic PCS7 -järjestelmän arkkitehtuuri. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Järjestelmään integroitu turvateknikka ja mahdollisuus kahdentaa kaikki järjestelmän komponentit takaavat sen, että PCS7 soveltuu myös vaativien ja turvallisuuskriittisten prosessien ohjaukseen. Turvapiirien suunnittelu on tehty samoilla työkaluilla kuin standardipiirien. Samassa prosessiasemassa ja samassa kenttäväylässä voidaan tehdä turva- ja standardiohjaukset. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Plant Asset Managent -ylläpitotyökalu tarjoaa työkalut automaatiojärjestelmän komponenttien ennakoivaan kunnossapitoon ja nopeaan diagnostiikkaan. Sen avulla voidaan estää laitteiden vikaantumiset tai lyhentää vian paikannukseen kuluva aikaa. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Simatic PCS7 pitää sisällään tehokkaat suunnittelutyökalut. Automaatiojärjestelmän työkalut generoivat automaattisesti useita asioita vähentäen inhimillisiä virheitä ja nopeuttaen konfigurointityötä. Yksi tällainen työkalu on Import Export Assistant, jonka avulla toimilaittepiirit voidaan tuottaa automaattisesti valmiiden tyyppipiirien pohjalta. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Järjestelmän operaattori voi suorittaa prosessin ohjausta ja valvontaa useista eri näkymistä. Simatic PCS7 -automaatiojärjestelmä sisältää työkaluja, jotka on suunniteltu helpottamaan erityisesti operaattorin työtä. Tällainen on esimerkiksi älykäs hälytysten suodatus. Sen avulla operaattorille tulevien prosessihälytysten määrää voidaan suodattaa. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Simatic PCS7 -automaatiojärjestelmän ominaisuuksia:

- skaalautuvuus
- integroitu turvatekniikka
- mahdollisuus kahdentaa kaikki komponentit
- integroidut diagnostiikkatyökalut
- Simatic Batch -panosprosesseihin
- tehokkaat suunnittelutyökalut
- käyttäjäystävällinen operointi.

Pienimmillään järjestelmä voi olla yksi tietokone, joka ohjaa prosessia ja toimii operointi- ja suunnitteluasemana sisältäen kaikki automaatiojärjestelmän ominaisuudet. Simatic PCS7:llä voidaan myös toteuttaa koko tehtaan tai kaivoksen ja niiden oheisprosessien kattava automaatiojärjestelmä. (Siemensin www-sivut 2013, hakupäivä 25.4.2013)

Suomessa Simatic PCS7 -automaatiojärjestelmä on käytössä esimerkiksi Kemian kaivoksella.

#### 6.4 Sandvik AutoMine

Sandvik Mining and Constructin Oy:n kehittämä AutoMine™ -järjestelmä on kokonaisvaltainen ratkaisu turvallisuuden ja tehokkuuden parantamiseksi kaivoksissa. AutoMine-järjestelmä tarjoaa ohjaus- ja valvontatoiminnot automaatiolla toimiviin lastaajiin ja kuorma-autoihin tarkkaamosta käsin. Autonomiset työkoneet toimivat eristyksissä henkilöstöltä ja välineistöltä. Ajaminen ja materiaalin dumppaaminen ovat täysin automatisoituja toimintoja, kun taas kauhan lastaus tapahtuu kauko-ohjauksella. Yksi järjestelmävastaava pystyy operoimaan useampaa automatisoitua työkonetta. Kuvassa 14 on esitetty lastaus automatisoidulle dumpperille. (Sandvikin [www-sivut](http://www.sandvik.com) 2013, hakupäivä 20.3.2013)



Kuva 14. Lastaus automatisoidulle dumpperille. (Flickr:n [www-sivut](http://www.sandvik.com) 2013, hakupäivä 20.3.2013)

AutoMine-järjestelmän hyödyt:

- lisääntynyt henkilöstön turvallisuus ja työolojen parantuminen
- käyttö helpottuu vuoronvaihtojen yhteydessä jatkuvan toiminnan vuoksi
- reaaliaikainen lastaus- ja kuljetusprosessien seuranta ja ohjaus parantavat tuotantoa
- parempi tuotannon suunnittelun ja tuotantotietojen hallinta



- sulava laitteistojen toiminta vähentää vahinkoa ja kunnossapitokustannuksia
- vaatii vähemmän työvoimaa ja alentaa siten käyttökustannuksia.

Monissa Sandvikin lastaajissa ja kuorma-autoissa on mahdollisuus käyttää AutoMine-järjestelmäpakettia. Paketti sisältää navigointijärjestelmän, joka taukoamatta määrittää työkoneen sijaintia ja ohjaa autonomisia kuljetus- ja dumppaustoimintoja. Navigointijärjestelmä saa vahvistuksen koneen sijainnista käyttämällä laserskannereita tunneleiden seinien skannaamiseen ja ei täten vaadi infrastruktuuria kuten heijastinratoja tai RFID tageja. (Sandvikin www-sivut 2013, hakupäivä 20.3.2013)

Koneet ovat myös varustettu videojärjestelmällä, jotka tarjoavat korkealaatuista videokuvaa kauko-ohjausta varten. Koneista löytyy myös WLAN-matkaviestin, joka mahdollistaa koneen ja esimerkiksi tarkkaamoon asennetun kommunikaatio-ohjelman välisen kommunikoinnin. (Sandvikin www-sivut 2013, hakupäivä 20.3.2013)

Turvallisuus on taattu eristämällä autonominen tuotantoalue omalla estejärjestelmällä. Tämä järjestelmä estää pääsyn alueelle ja jokainen murto tähän järjestelmään pysäyttää autonomisten koneiden toiminnan välittömästi. Järjestelmää voidaan joustaa, jolloin autonomiset alueet voidaan jakaa vyöhykkeisiin, joita voidaan käyttää itsenäisesti, jos on tarvetta. (Sandvikin www-sivut 2013, hakupäivä 20.3.2013)



Kuva 15. AutoMine-ohjaamo. (Flickr:n www-sivut 2013, hakupäivä 20.3.2013)

Autonomiset toiminnot hoidetaan ohjaamosta, joka sijaitsee tarkkaamossa. Kuvassa 15 on esitetty esimerkki AutoMine -järjestelmän ohjaamosta. Tarkkaamosta käsin järjestelmän operaattori voi tehdä seuraavia asioita:

- suunnitella ja monitoroida tuotantoa
- operoida koneita kauko-ohjauksella
- tarkastella koneen toiminnan tietoja, kuten hälytyksiä, mittauksia, vaihteen valintoja, kierrosnopeuksia ja nopeutta
- monitoroida ja operoida puomijärjestelmää
- ohjata ja valvoa koneryhmää
- luoda tuotanto- ja kuntoraportteja.

Kulissien takana on tietokonejärjestelmä, joka:

- ohjaa koneiden lähettämistä tuotantosuunnitelman ja vapaana olevien dumpaus- ja lastauspaikkojen perusteella
- valvoo autonomisten toimintojen suorittamista navigaatiojärjestelmän opastamana
- käsittelee liikennettä mahdollistaen useamman koneen toiminnan samalla alueella
- monitoroi koneryhmän tuotantoa tallentaen tonnit, lastaus- ja dumpaustunnisteet ja kierrosajat tietokantaan
- monitoroi ja tallentaa tiedot koneryhmän kunnosta.

AutoMine-järjestelmää on käytetty Suomessa Pyhäsalmen kaivoksella vuodesta 2005 lähtien. Järjestelmä on myös asennettu Sandvikin Tampereen testikaivokseen. Muualla maailmassa AutoMine-järjestelmää käytetään Codelcon El Tentienten kaivoksessa Chilessä, De Beers' Finsch kaivoksessa Etelä-Afrikassa ja Williamsin kaivoksessa Kanadassa. (Sandvikin www-sivut 2013, hakupäivä 20.3.2013)

Uusinta teknologiaa pyritään ottamaan käyttöön ja automaatioastetta pyritään nostamaan monissa kaivoksissa. Tämän vuoksi näkisin AutoMinen käytön yleistyvän tulevaisuudessa.

## 7 KEMIN KAIVOS

Kemin kaivos (tunnetaan myös nimellä Elijärven kaivos) on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiön Outokumpu Chrome Oy:n omistama kaivos, joka sijaitsee Kemin pohjoispuolella. Kemin kaivos on EU:n ainoa kromikaivos. Kromiesiintymä löydettiin vuonna 1959 ja tuotanto käynnistyi vuonna 1968. Kaivos tuottaa kromirikasteita Outokummun oman ferrokromitehtaan raaka-aineeksi. Kuvassa 16 on ilmakehu Kemin kaivoksesta. (Outokummun www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)

Kemin malmi- ja mineraalivarantojen on aiemmin arvioitu riittävän 70-80 vuodeksi, mutta uusien tietojen perusteella on louhittavaa voisi riittää jopa sadoiksi vuosiksi myös suunnitellun tuotannon kaksinkertaistamisen jälkeen. (Ylen www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)

Kemin kaivokselle on todettu noin 37:n miljoonan tonnin malmivarat. Näiden lisäksi mineraalivarantojen määrä on noin 87 miljoonaa tonnia ja ne on arvioitu yhden kilometrin syvyyteen asti. (Ylen www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)



Kuva 16. Kemin kaivos. (Bothnian Bayn www-sivut 2013, hakupäivä 20.4.2013)

Kemin kaivos hyödyntää viimeisintä teknologiaa: käytössä on muun muassa koko kaivoksen kattava WLAN-tietoverkko oheislaitteineen sekä reaaliaikainen toiminnan

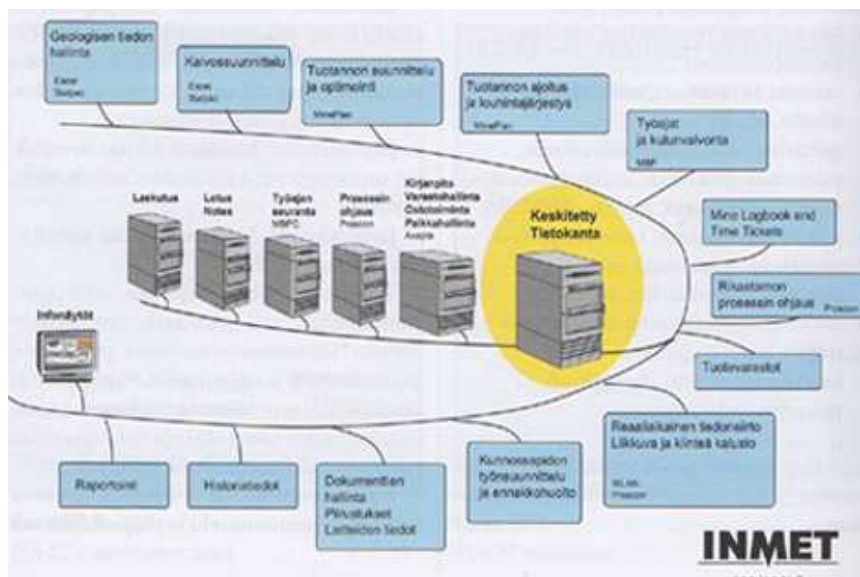


ohjaus aina geologiasta louhinnan kautta rikastukseen. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 99)

Kemin kaivoksella käytetään prosessinohjaukseen Siemens Simatic PCS7-automaatiojärjestelmää. Operointi tapahtuu yhdestä valvomosta. Valvomo sijaitsee maan päällä ja sieltä operoidaan niin maan alla kaivoksessa tapahtuvia prosesseja, kuin myös rikastamon prosesseja. Malminnosto tapahtuu hissillä. Hihnakuuljetin on ABB:n valmistama. (Vuolukka 29.4.2013, puhelinhaastattelu)

Kemin kaivos käyttää tiedonsiirrossa Profibus DP-väylää. Profibus DP-väylä mahdollistaa nopean tiedonsiirron erilaisten ala-asemien kesken. Näitä asemia ovat muun muassa digitaaliset ja analogiset tulot ja lähdöt, ohjelmoitavat logiikat, taajuusmuuntajat ja operointipäätteet. (Vuolukka 29.4.2013, puhelinhaastattelu)

Kemin kaivoksella kaivoksen toimintojen ja tuotannon ohjaus perustuu jatkuvasti päivitettävään yhteiseen tietokantaan ja KaTTi -tietojärjestelmään, koko kaivoksen kattavaan reaaliaikaiseen langattomaan/langalliseen kommunikaatiojärjestelmään ja tietoverkkoon. KaTTi -toiminnanohjausjärjestelmä on esitetty kuvassa 17. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 319)



Kuva 17. KaTTi -toiminnanohjausjärjestelmä. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 324)

## 8 KITTILÄN KAIVOS

Kanadalaisen kaivoskonsernin Agnico-Eaglen omistama Kittilän kaivos on yksi suurimmista tunnetuista kultaesiintymistä Euroopassa. Kittilän kaivos sijaitsee Lapissa Pohjois-Suomessa 150 km Napapiiriltä pohjoiseen. Kittilän kultaesiintymä löydettiin vuonna 1986, kaivoksen rakentaminen alkoi vuonna 2006 ja kaivoksen toiminta alkoi vuonna 2008 (Agnico Eaglen www-sivut 2013, hakupäivä 14.3.2013). Kaivoksen ensimmäinen kultaharkon valaminen tapahtui tammikuussa 2009 (Black Boxin www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013). Tuotanto käynnistyi avolouhintana. Sen vaihe päättyi vuonna 2012 ja nykyään malmi louhitaan maanalaisesta kaivoksesta (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013). Toiminnan alkaessa malmivarat olivat arviolta 18 miljoonaa tonnia ja kultapitoisuus keskimäärin 5,1 grammaa tonnissa. Tuotanto on noin 5 000 kiloa kultaa vuodessa (Hakapää & Lappalainen, 2009, 26). Suunniteltu louhintamäärä on noin 1,1 miljoonaa tonnia vuodessa (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013). Kaivos on kuuden sadan ihmisen työpaikka, joista 400 on kaivosyhtiön väkeä ja loput urakoitsijoiden. Nykyisellä tuotantovauhdilla kaivoksen toiminnan arvioidaan jatkuvan aina vuoteen 2040 asti ja se vaihtelee uusien malmilöydösten mukaan, joita on löytynyt lisää joka vuosi. Kuvassa 18 on ilmakuva Kittilän kaivoksesta. (Ylen www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)

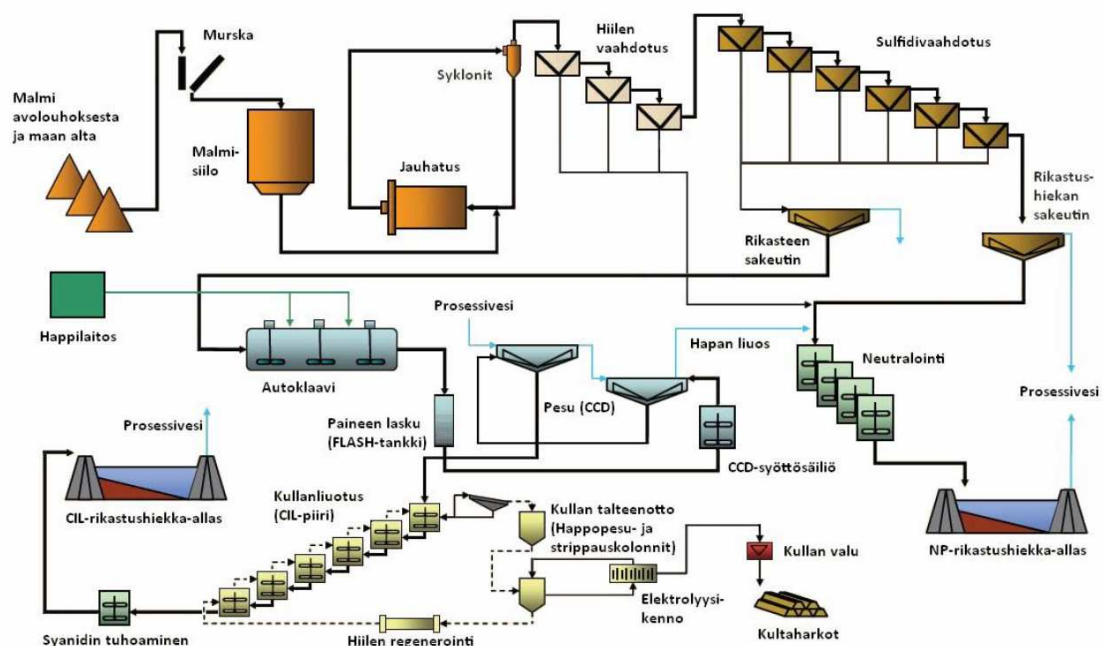


Kuva 18. Kittilän kaivos. (Black Boxin www-sivut 2013, hakupäivä 20.4.2013)

Kullan rikastus on todella monimutkainen ja sähköä kuluttava prosessi. Malmi murskataan, jauhetaan, vaahdotetaan, hapetetaan, liuotetaan, pestään ja saostetaan. Kivi pitää jauhaa 74 mikrometrin kokoisiksi partikkeleiksi. Prosessiin osallistuu murskaimia, myllyjä, vaahdotuskennoja, autoklaavi, sakeuttumia ja suodattimia, joita käyttävät lukuisat sähkömoottorit. Jauhatusta ja happilaitos kuluttavat suurimman osan energiasta. Kaivos käyttää jopa neljänneksen kuluistaan energiaan. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)

Kittilän kaivos käyttää monin tavoin ABB:n laitteita, muun muassa moottoreita, automaatiojärjestelmää, taajuusmuuttajia ja instrumentteja. Pastalaitoksen sähköistys ja kaivoksen ilmastoinnin maanpäällinen osa ovat myös ABB:n laitteilla toteutettuja. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 15.3.2013)

Kittilän kaivos käyttää ABB:n Industrial 800xA -automaatiojärjestelmää. Prosessia valvotaan rikastamolla sijaitsevasta päävalvomosta. Prosessiasemat ovat AC800M-prosessiasemia ja kenttäväylänä käytetään Profibus-väylää. HART-laitteet voidaan konfiguroida suunnitteluasemasta käsin automaatiojärjestelmän ja S800 I/O -korttien läpi. Päävalvomon serverit ja järjestelmäväylät on kahdennettu vikatilanteiden varalta. Kittilän kaivoksen prosessi on esitetty kuvassa 19. (Pietilä 2008, hakupäivä 9.5.2013)



Kuva 19. Kittilän kultakaivoksen prosessi. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

Automaatiojärjestelmä ohjaa ACS800-sarjan taajuusmuuttajia Profibus-väylällä mahdollistaen useat valvonta- ja diagnostiikkatoiminnot. Prosessilaitoksen turvakytkimet ovat ABB:n OT-sarjaa. Rikastamolla on sinne räätälöidyt vahvat, paikallisohjauksella varustetut turvakytkimet, jotka on sijoitettu laitteistojen viereen. (Pietilä 2008, hakupäivä 9.5.2013)

Päävalvomosta on rakennettu ethernet-väylä kaivoksessa sijaitsevaan Tiltek Oy:n toimittamaan PLC-järjestelmään, jossa ABB:n AC500-logiikalla ohjataan kaivoksen ilmanvaihtojärjestelmää ja pumppaamoja. Kun kaivoksessa ei ole miehitystä, järjestelmä antaa vikatapauksista hälytyksen päävalvomoon. Ethernet-väylän kautta voidaan tehdä myös ohjelmanmuutokset ja saadaan tietoa raportointia varten. (Pietilä 2008, hakupäivä 9.5.2013)



## 9 PYHÄSALMEN KAIVOS

Pyhäsalmen kaivos sijaitsee Pyhäjärvellä Pohjois-Pohjanmaalla ja sen omistaa kanadalainen Inmet Mining Corporation. Pyhäsalmen kupari-, sinkki- ja rikkikaivos on Suomen suurin ja Euroopan syvin perusmetallikaivos (CUPP:n [www-sivut 2013](#), hakupäivä 20.4.2013). Kaivoksen malmi löytyi vuonna 1958 ja toiminta käynnistyi vuonna 1962. Yhteistyössä alan laitevalmistajien ja tutkijoiden kanssa kaivoksessa on totuttu käyttämään kaikkein uusimpia teknologioita. Kuvassa 20 on ilmakuva Pyhäsalmen kaivoksesta. (Profiilin [www-sivut 2013](#), hakupäivä 20.4.2013)



Kuva 20. Pyhäsalmen kaivos. (Profiilin [www-sivut 2013](#), hakupäivä 20.4.2013)

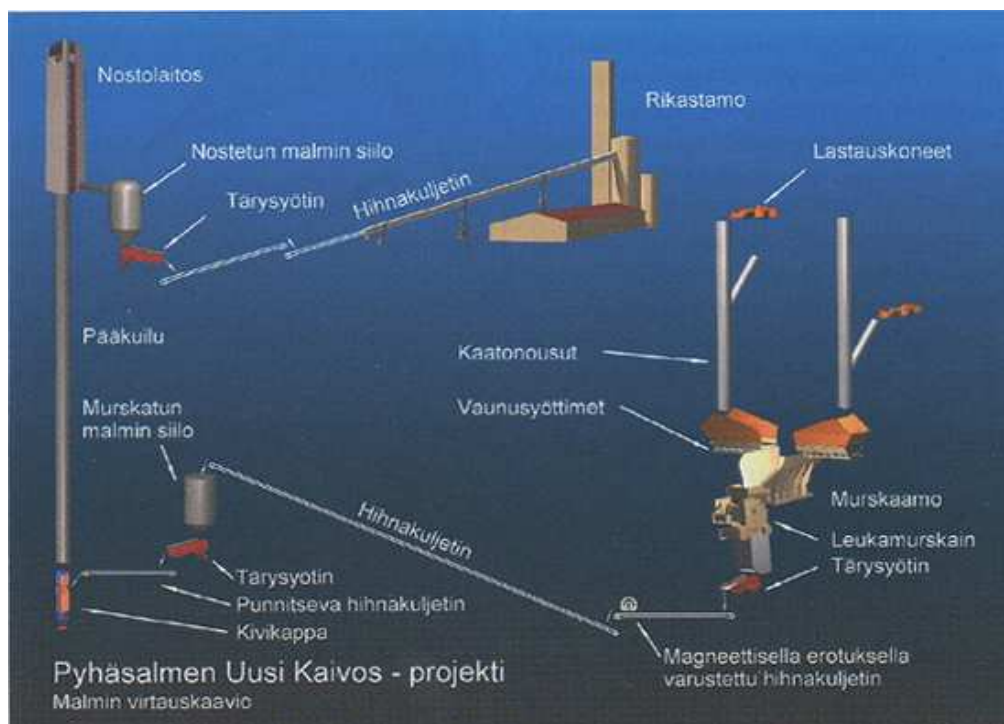
Kaivoksen malmintuontanto tapahtuu 1050-1450 metrin syvyydessä. Miehittämättömät porauslaitteet ja lastauskoneet on varustettu automatiikalla, joita voidaan ohjata valvomosta. Louhittu malmi jatkaa matkaansa automaattista malminkäsittelylinjaa pitkin murskaamoon ja rikastamoon. (Profiilin [www-sivut 2013](#), hakupäivä 20.4.2013)

Pyhäsalmeilla on jatkuvasti meneillään prosessien kehitysprojekteja teknillisten korkeakoulujen ja yliopistojen kanssa ja uusimmat teknologiat pyritään ottamaan heti käyttöön. Suomalaisen kaivosteollisuuden vahvuus on myös hyvä yhteistyö kotimaisten kone- ja laitevalmistajien kanssa. Uudet laitteet testataan kaivoksilla, minkä vuoksi

kaivos on saanut käyttää kaikkein uusinta teknologiaa. (Profiilin www-sivut 2013, hakupäivä 20.4.2013)

Pyhäsalmen kaivoksella automaatiojärjestelmien määrä on kirjava. Automaatiojärjestelmien toimittajia kaivokselle ovat muun muassa ProsCon, Redico, Siemens ja Sandvik. Kaivoksessa automaatio keskittyy lähinnä tuuletukseen, veden poistoon ja malmin nostoon. (Ruokojärvi 3.5.2013, puhelinhaastattelu)

Prosessinohjaukseen Pyhäsalmen kaivoksella käytetään ProsConin valmistamaa automaatiojärjestelmää. Kiinteistöautomaatiikasta puolestaan huolehtivat Redico ja Siemens. Automaattiset lastaajat ja kuorma-autot kaivokselle tarjoaa Sandvik. Pyhäsalmen kaivoksen malmin virtauskaavio on esitetty kuvassa 21. (Ruokojärvi 3.5.2013, puhelinhaastattelu)



Kuva 21. Pyhäsalmen kaivoksen malmin virtauskaavio. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 183)

Pyhäsalmen kaivos hyödyntää muun muassa koko kaivoksen kattavaa WLAN-tietoverkkoa oheislaitteineen sekä reaaliaikaista toiminnan ohjausta aina geologiasta louhinnan kautta rikastukseen. Suurin osa työstä tehdään ilmastoidussa hytissä automaatiokoneita joystickiä käyttäen. Pyhäsalmen kaivoksen toimintojen ja tuotannon

ohjaus perustuu jatkuvasti päivitettävään yhteiseen tietokantaan ja KaTTi - tietojärjestelmään. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 319)

## 10 TALVIVAARAN KAIVOS

Talvivaaran kaivos sijaitsee Sotkamossa, Itä-Suomessa. Talvivaaran esiintymä on suuruusluokaltaan yksi Euroopan suurimmista tunnetuista sulfidisen nikkelin varannoista. Malmissa on myös runsaasti sinkkiä sekä hieman kuparia ja kobolttia. Alun perin kaivosluvat omisti Outokumpu, mutta ne siirtyivät Talvivaaralle helmikuussa 2004. Kuvassa 22 on ilmakuva Talvivaaran kaivoksesta. (Talvivaaran www-sivut 2013, hakupäivä 28.4.2013)

Ohuen maakerroksen ja esiintymän hyvän geometrisen muodon ansiosta malmiesiintymät soveltuvat hyvin avolouhintaan. (Talvivaaran www-sivut 2013, hakupäivä 28.4.2013)



Kuva 22. Talvivaaran kaivos. (Talvivaaran www-sivut 2013, hakupäivä 28.4.2013)

Talvivaaran prosessia ohjataan ja valvotaan Metson valmistamalla Metso DNA-järjestelmällä. Järjestelmä koostuu valvomosta, prosessiasemista, valokuitumuuntimista, väylistä, korttikehikoista ja korteista. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 29.4.2013)

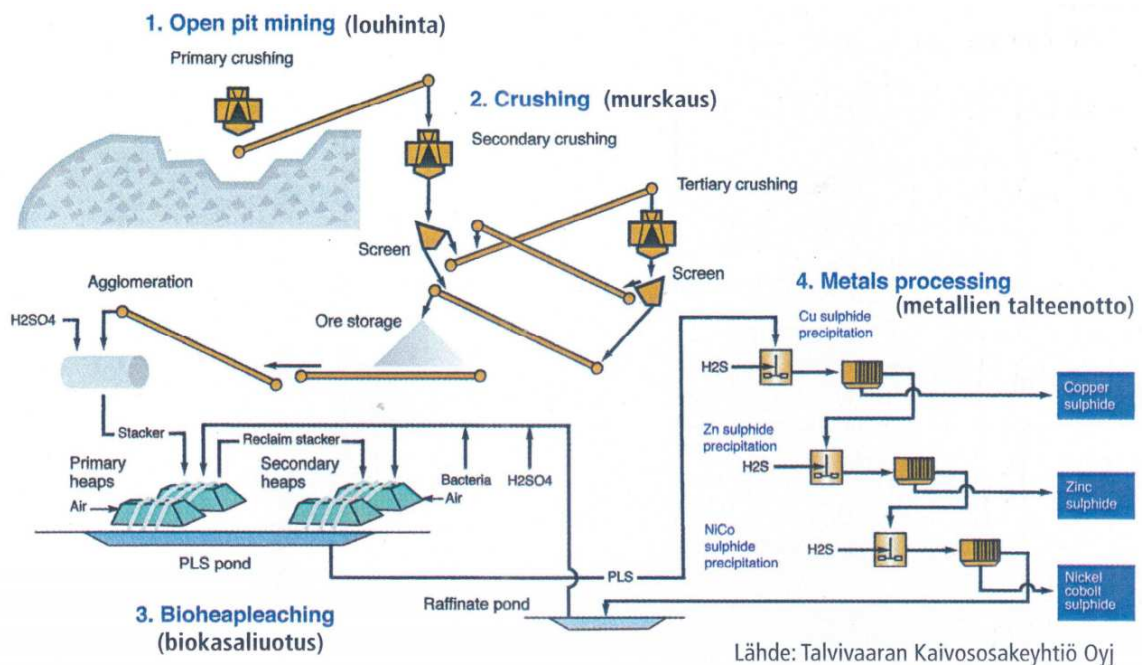
Metson toimitus Talvivaaraan jaettiin neljään osaan. Ensimmäinen osa sisälsi seitsemän alueella sijaitsevan pumppuaseman automatisoinnin. Toinen osa sisälsi automaation materiaalin käsittelyyn, eli murskaukseen ja seulontaan sekä informaation hallintajärjestelmän ohjelmiseen. Kolmas osa sisälsi automaation mineraalien



talteenottolinjaan. Neljäs osa sisälsi automaation toiselle Talvivaaran mineraalien talteenottolinjalle. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 29.4.2013)

Metso DNA-järjestelmällä ohjataan myös apuprosesseja, kuten vesilaitosta, varastosiiloja ja rikkivetylaitosta. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 29.4.2013)

Talvivaarassa on kaksi valvomoa. Päävalvomosta ohjataan pumppuasemia, talteenottolinjaa ja siihen liittyviä prosesseja. Toisesta valvomosta ohjataan murskaus- ja seulontaprosesseja. Talvivaaran kaivoksen prosessi on esitetty kuvassa 23. (Metson www-sivut 2013, hakupäivä 29.4.2013)



Kuva 23. Talvivaaran kaivoksen prosessikokonaisuus. (Pöyry 2011, hakupäivä 8.5.2013)

## 11 POHDINTA

Kaivosteollisuuden automaattioratkaisuja tarkastelemalla huomataan, että kaivos asettaa muusta prosessiteollisuudesta poikkeavia vaatimuksia, mutta myös yhteneväisyyksiä löytyy. Automaattioratkaisuja voidaan toteuttaa kaivoksilla samoilla automaatiojärjestelmillä, kuin esimerkiksi paperi- ja selluteollisuudessa. Näistä esimerkkeinä Metso DNA ja Siemens Simatic PCS7. Pelkästään kaivosteollisuudelle tarkoitettuja automaatiojärjestelmiäkin löytyy, kuten Sandvikin AutoMine. Muita yhteneväisyyksiä muun teollisuuden kanssa ovat muun muassa langattoman verkon käyttö, kulunvalvonta, erilaisten mittausinstrumenttien käyttö (esimerkiksi paine- ja pH-mittaukset), kameroiden käyttö, turva-alueet ja kenttäväylätekniikan hyödyntäminen. Rikastamoiden prosessiautomaatio ei poikkea juurikaan niin sanotusta normaalista prosessiautomaatiosta. Kaivosteollisuus poikkeaa esimerkiksi paperi- ja selluteollisuudesta poraustöiden, geologian, visualisoinnin, liikkuvan kaluston, vedenpoiston ja tuuletuksen tuomien vaatimusten vuoksi.

Opiskelemani koulutusohjelma antoi hyvät eväät työn tekemiselle, sillä automaatiojärjestelmiä ja automaation toteutustapoja on harjoiteltu koululla. Tämän ansiosta tiesin millaisia asioita tulisi hakea, vaikka koululla ei ole kaivoksia erikseen käsitelty. Työn tuloksena opin mitä osatoimintoja kaivosprosessi sisältää ja miten niitä voidaan toteuttaa. Työn kuluessa sain käsityksen, että kaivosautomaatio olisi yleistymässä, sillä kaivokset useat pyrkivät käyttämään uusinta teknologiaa ja teknologia tuo myös mukanaan automaatiota.

Materiaalia oli vaikea löytää, mutta Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun kirjasto, Internet (esimerkiksi laitevalmistajien ja kaivosten kotisivut) ja puhelinhaastattelut sisälsivät tarpeeksi tietoa työn toteuttamiseksi. Materiaalia pidän luotettavana, sillä ne on kerätty luotettavista ja mahdollisimman uusista lähteistä. Opinnäytetyö tarjoaa lukijalle hyvän yleiskatsauksen kaivosteollisuuden automaatioon.

## LÄHTEET

- Aaltonen, Kalevi & Torvinen, Seppo, 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY
- ABB:n www-sivut 2013. Hakupäivä 15.3.2013.  
 <<http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb250.nsf!OpenDatabase&db=/global/fiabb/fiabb254.nsf&v=1D4E&e=fi&url=/global/seitp/seitp202.nsf/0/52438351F48D4B2AC1257AFC003BA090!OpenDocument>>
- ABB:n www-sivut 2013. Hakupäivä 9.5.2013.  
 <<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE059723&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>>
- ABB:n www-sivut 2013. Hakupäivä 9.5.2013.  
 <<http://www.800xa.com.cn/EN/products/ABB/ABB.html>>
- Aegnico Eaglen www-sivut 2013. Hakupäivä 14.3.2013.  
 <<http://beagnicoeagle.com/index.php?q=fi/kittil%C3%A4n-kaivos>>
- Berg-Andersson, Birgitta & Hernesniemi, Hannu & Rantala, Olavi & Suni, Paavo 2011. Kalliosta kullaksi ja kummusta klusteriksi. Hakupäivä 14.5.2013.  
 <[http://www.tem.fi/files/34199/2706\\_kalliosta\\_kullaksi\\_kummusta\\_klusteriksi.pdf](http://www.tem.fi/files/34199/2706_kalliosta_kullaksi_kummusta_klusteriksi.pdf)>
- Black Boxin www-sivut 2013. Hakupäivä 15.3.2013. <<https://www.blackbox.fi/fi-fi/page/4799/kittiln-kultakaivos>>
- CUPP:n www-sivut 2013. Hakupäivä 20.4.2013.  
 <[http://www.cupp.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=41&lang=fi](http://www.cupp.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=41&lang=fi)>
- Endominesin www-sivut 2013. Karjalan kultalinja. Hakupäivä 14.5.2013.  
 <<http://www.endomines.com/pdf/ilomantsijoensuu2009102728fi.pdf>>
- Flickr:n www-sivut 2013. Hakupäivä 20.3.2013.  
 <<http://www.flickr.com/photos/hollybrauckmannmd/sets/72157622813680046/detail/>>
- Hakapää, Antero & Lappalainen, Pekka 2009. Kaivos- ja louhintatekniikka. Opetushallitus, Vammala.
- Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Werner Söderström Oy, Helsinki.
- Kunnossapidon www-sivut 2013. Hakupäivä 9.5.2013.  
 <[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a2\\_automaatiojarjestelma.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html)>
- Metso Automation. MetsoDNA-tuotekuvaus 2009.
- Metson www-sivut 2013. Hakupäivä 23.4.2013.  
 <[http://www.metso.com/Automation/ip\\_prod.nsf/WebWID/WTB-110316-2256F-2F528?OpenDocument](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110316-2256F-2F528?OpenDocument)>
- Metson www-sivut 2013. Hakupäivä 23.4.2013.  
 <[http://www.metso.com/Automation/ip\\_prod.nsf/WebWID/WTB-070111-2256F-92734?OpenDocument&mid=C2ADD4741ADBD4B8C22575C100397067](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-070111-2256F-92734?OpenDocument&mid=C2ADD4741ADBD4B8C22575C100397067)>
- Metson www-sivut 2013. Hakupäivä 23.4.2013.  
 <[http://www.metso.com/Automation/results\\_process.nsf/WebWID/WTB-120224-22571-9D64A/\\$File/210\\_Results\\_automation\\_p20-22\[1\].pdf](http://www.metso.com/Automation/results_process.nsf/WebWID/WTB-120224-22571-9D64A/$File/210_Results_automation_p20-22[1].pdf)>
- Outokumpun www-sivut 2013. Hakupäivä 15.3.2013.  
 <<http://www.outokumpu.com/en/Products/Ferrochrome/kemi-mine/Pages/default.aspx>>
- Pietilä, Marjatta 2008. Power & Automation. Hakupäivä 9.5.2013.  
 <[http://abb.smartpage.fi/power308/pdf/ABB\\_asiakaslehti.pdf](http://abb.smartpage.fi/power308/pdf/ABB_asiakaslehti.pdf)>

Profiilin www-sivut 2013. Hakupäivä 20.4.2013.

<[http://www.profiilimedia.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=159](http://www.profiilimedia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=159)>

Ruokojärvi, Ari, Pyhäsalmen kaivos. Puhelinhaastattelu 3.5.2013.

Pöyryn www-sivut 2011. Kaivostoiminnan edellytysten kehittäminen. Hakupäivä

8.5.2013. <<http://www.tunturilappi.fi/sites/tunturilappi.fi/files/Tunturi-Lapin%20kehitys%20Kaivostoiminnan%20edellytykset%20Final%20report.pdf>>

Sandvikin www-sivut 2013. Hakupäivä 20.3.2013.

<<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/1181/Internet/FI02071.nsf/LUSL/SLFrameForm1BF210DA199F4D404C225786100653444?OpenDocument>>

SBM:n www-sivut 2013. Hakupäivä 8.5.2013. Tekijän muokkaama.

<<http://mining.crushersmill.com/production-line/limestone-mining.html>>

Siemensin www-sivut 2013. Hakupäivä 25.4.2013.

<[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatiojarjestelma\\_pcs7.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatiojarjestelma_pcs7.htm)>

Suomen kuvalehden www-sivut 2013. Hakupäivä 8.5.2013. <

<http://suomenkuvalehti.fi/kuvat/2011/10/10/ruostumattoman-teraksen-tuotanto-making-of-stainless-steel>>

Talvivaaran www-sivut 2013. Hakupäivä 28.4.2013.

<[http://www.talvivaara.com/toiminta/Talvivaaran\\_kaivos](http://www.talvivaara.com/toiminta/Talvivaaran_kaivos)>

Talvivaaran www-sivut 2013. Hakupäivä 28.4.2013.

<<http://www.talvivaara.com/toiminta/mineraalivarannot>>

Tukesin www-sivut 2013. Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. Hakupäivä

9.5.2013. < [http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit\\_kaasu/Turva-automaatio\\_prosessiteollisuudessa.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_prosessiteollisuudessa.pdf)>

Työsuojelurahaston www-sivut 2013. Hakupäivä 25.3.2013.

<<http://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-tutkitaan/hanke?h=94278>>

Vuolukka, Petri, Kemin kaivos. Puhelinhaastattelu 29.4.2013.

Ylen www-sivut 2013. Hakupäivä 15.3.2013.

<[http://yle.fi/uutiset/kemin\\_kaivoksessa\\_riittaa\\_malmia\\_jopa\\_sadoiksi\\_vuosiksi/1377202](http://yle.fi/uutiset/kemin_kaivoksessa_riittaa_malmia_jopa_sadoiksi_vuosiksi/1377202)>

Ylen www-sivut 2013. Hakupäivä 15.3.2013.

<[http://yle.fi/uutiset/kittilan\\_kultakaivos\\_porskuttaa/6513567](http://yle.fi/uutiset/kittilan_kultakaivos_porskuttaa/6513567)>