Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Bányászati és Geotechnikai Intézet

IPCC rendszerek és hagyományos kotró-dömper termelés lehetőségeinek összehasonlítása a KÖKA Kft. komlói bányaüzemében

TDK dolgozat

Készítette: Kaufmann Ákos
bánya- és geotechnikai szakirányos hallgató

Konzulens: Tompa Richárd
egyetemi tanársegéd

2021

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott Kaufmann Ákos, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy ezt a dolgozatot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertetett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Miskolc, 2021. október 28.

.....

a hallgató aláírása

Konzulensi nyilatkozat

Alulírott Tompa Richárd, a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Intézetének tanársegédje a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem.

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Miskolc, 2021. október 28.

.....

a konzulens aláírása

Tartalomjegyzék

Szómagyarázat **1**

Bevezetés **2**

1. IPCC rendszerek bemutatása **3**

1.1. IPCC rendszerek definíciója 3

1.1.1. FIPCC (fixed IPCC) 3

1.1.2. SFIPCC (semi-fixed IPCC) 4

1.1.3. SMIPCC (semi-mobile IPCC) 4

1.1.4. FMIPCC (fully-mobile IPCC) 4

1.2. Szállítóutak távolsága 5

2. A bánya bemutatása, történelme **7**

2.1. A bánya történelme 7

2.2. A jelenlegi előtörés bemutatása 9

2.2.1. Termelési folyamat 9

2.2.2. A törési folyamat 10

2.2.3. A jelenlegi technológia elemei, ami miatt modernizáció és áthelyezés szükséges 11

3. Hagyományos termelés fix előtöréssel **13**

3.1. A technológia bemutatása 13

3.1.1. LMA 5/40 leválasztás 14

3.1.2. Gépkiválasztás 14

3.2. Helykiválasztás 18

3.3. A technológia előnyei és hátrányai 20

3.3.1. Előnyök 20

3.3.2. Hátrányok 21

4. SMIPCC előtörés **22**

4.1. Blokkos termelés 22

4.2. Árok kialakítása 23

4.3. A technológia bemutatása 23

4.3.1. Törés előtti meddőszeparáció 24
4.3.2. Bányán kívüli meddőszeparáció 25
4.4. A technológia elhelyezése 26
4.5. A technológia kivitelezése 26
4.6. A technológia előnyei és hátrányai 27
4.6.1. Előnyök 27
4.6.2. Hátrányok 28
5. FMIPCC előtörés 30
5.1. A rendszer bemutatása 30
5.2. Boral Peppertree FMIPCC rendszerének elemzése 30
5.2.1. A Peppertree bánya kialakítása 30
5.2.2. Az előtörő bemutatása 31
5.2.3. Biztonságos jövesztés 31
5.2.4. A technológia áthelyezése 31
5.2.5. Energiaellátás 32
5.2.6. Automatizáció, monitoring 32
5.2.7. Automatikus indítás 32
5.2.8. Modern biztonságtechnikai és üzemeltetési megoldások 32
5.2.9. LT160 előtörés összefoglalása 33
5.3. Az előtörés folyamata 34
5.3.1 Sorozatgyártott előtörő jelenlegi lehetőségei 35
5.4. A technológia előnyei és hátrányai 36
5.4.1. Előnyök 36
5.4.2. Hátrányok 38
Konklúzió 40
Köszönetnyilvánítás 42
Irodalomjegyzék 43

Szómagyarázat

Mivel az IPCC rendszerek hazánkban viszonylag új keletűek, mivel nincs igazi magyar szakkifejezés néhány téma magyarázatához, illetve a források angol nyelven íródtak, ezért az angolszász szaknyelvi kifejezéseket fogom használni, mert könnyen érthetők és használhatók.

IPCC: in-pit crushing and conveying: bányában történő előtörés és folyamatos szállítás

SFIPCC: Semi-Fixed IPCC: Szétszedhető-áthelyezhető előtörés

SMIPCC: Semi-Mobile IPCC: Áthelyezhető IPCC előtörés

FMIPCC: Fully-Mobile IPCC: Önjáró termeléskövető IPCC előtörés

FIPCC: Fixed IPCC: Fix, helyváltoztatásra nem képes IPCC előtörés

S&T: Shovel-and-Truck: Hagyományos kotró-dömperrel való termelés

CSS: Closed Side Setting: Résméret (törőknél)

Bevezetés

Az elmúlt években nemzetközi szinten rohamosan elkezdett terjedni az in-pit crushing and conveying (továbbiakban IPCC) vagyis a termelési frontot követő törési és szállító technológia, ami kiválthatja a hagyományos S&T rakodási-szállítási technológiát.

Bár nem kifejezetten kőbányászati alkalmazásra, inkább érc és szénbányák esetében a kifejezetten a nagy szállítási távolságok leküzdésére fejlesztették, de a folyamatosan fejlődő technológiák, a kibocsátáscsökkentés, jogszabályi változások hatására, akár a magyar építőanyagbányák esetében is alkalmazható lehet.

Mivel a bányák jelentős része hosszú távon tervez és amennyiben nem akarnak jelentős technológiai hátrányt szenvedni, akkor érdemes ezeket az alternatív megoldásokat is megfontolni a hagyományos módszerek mellett.

A hazai kőbányák jelentős része mind termelés mind kiterjedés szempontjából kisméretűnek számítanak, így elemzésemet egy, országosan kifejezetten nagynak számító kőbányára, a KÖKA Kft. komlói bányaüzemére végeztem el.

Ez a tanulmány háromfajta előtörési módszert hasonlít össze tervezési, működtetési, energetikai, termelékenységi, kibocsátási szempontok szerint.

A munkám egy hagyományos fix előtörés, egy félmobil és egy teljesen mobil IPCC rendszer tervét mutatja be a megadott szempontok alapján taglalva mindegyik változat előnyeit és hátrányait, illetve ajánlást ad, hogy különböző geometriai, kőzetminőségi faktorok alapján melyik rendszer, milyen körülmények közt lehet használható sikeresen.

Külön kitér a tanulmány a teljesen elektromos meghajtású géppark lehetőségére, karbonemisszió csökkentésére és az automatizáció („digitális bánya”) jelenlegi és jövőbeli lehetőségeire.

1. IPCC rendszerek bemutatása

1.1. IPCC rendszerek definíciója

Az IPCC rendszerek alapelve, hogy a bányában faltól elválasztott anyagot minél inkább a termelési lánc elején szállítószalaggal szállítható méretűvé törjék, és ilyen módon szállítsák tovább. Szükséges gépei a kotró, technológiától függően dömperek, törőgép, szállítószalag(ok), és szintén technológiától függően hányóképzők. (Mohammadi és társai, 2011)

Az IPCC megoldások nem új keletűek, de a modern világ iparral szembeni elvárásai miatt sok tekintetben mostanra lettek az előnyei egy ilyen rendszernek olyan hangsúlyosak, hogy a bányászati cégek komolyan elkezdtek gondolkozni IPCC megoldásokon a tervezési és üzemeltetési szempontból sokkal egyszerűbb és rugalmas S&T helyett. A bányászat, mint iparág nem szereti elsietni a dolgokat, és a „ha működik, ne akard megjavítani" alapon gondolkozva inkább hajlanak a régi, jól bevált megoldásokra ahelyett, hogy valami teljesen újat próbáljanak ki, ami lehet, hogy nagyon beválik, de lehet, hogy nem. A modern világ egyre szigorodó környezetvédelmi, munkabiztonsági előírásai, illetve a digitalizáció egyre nagyobb térnyerése miatt azonban a régi bányászati módszerek egy része már nem állja meg a helyét, ráadásul a könnyen elérhető jó minőségű érclelőhelyek rohamos leművelése miatt egyre nehezebben, egyre mélyebbről kell bányászni egyre romló minőségű nyersanyagokat, ezért ki kell tekinteni új megoldások felé is. Az IPCC rendszerek nagymértékben segíthetnek többek közt a bányabeli szállítás energiaigényét és költségeit, és a CO2 kibocsátást, ezzel jelentősen csökkentve a bányászat karbonlábnyomát. (mogroup.com, 2021)

Ezen kívül nagymértékű automatizálási lehetőségeinek köszönhetően, elméletben nagymértékű létszámcsökkentés érhető el a bányaüzemekben, mivel ahelyett, hogy minden gépre külön operátor kellene, egy magasan képzett karbantartócsapatnak kell folyamatosan felügyeletet biztosítani a technológián, és megelőző beavatkozásokkal biztosítani az automatikus rendszer folyamatos működését.

1.1.1. FIPCC (fixed IPCC)

Az előtörő üzem ugyan a bányában van, de helyváltoztatásra nem képes. Bizonyos szempontból igen sok magyar bánya megfelelhet ezen definíciónak, mivel egybe vannak építve a feldolgozóüzemmel. Egész élettartama alatt egy helyben áll, ezért a beruházásnál nagyon körültekintően kell a helyét megválasztani, hogy legalább 20 éves viszonylatban, vagy ha a bánya élettartama kevesebb, akkor az élettartam alatt is gazdaságos szállítással működtethető

legyen. Sok magyar bánya előtörése felfogható ilyennek, például Tállyán nagyon látványosan FIPCC sémájú az előtörés.

1.1.2. SFIPCC (semi-fixed IPCC)

Az előtörő üzem a bányában van, és áthelyezhető, de csak a technológia részben vagy egészben történő szétszerelésével. Tipikusan 5-10 évente helyezhető át gazdaságosan, ezért a helyválasztásnál ajánlott optimális teherösszegyűjtési pontokat figyelembe venni.

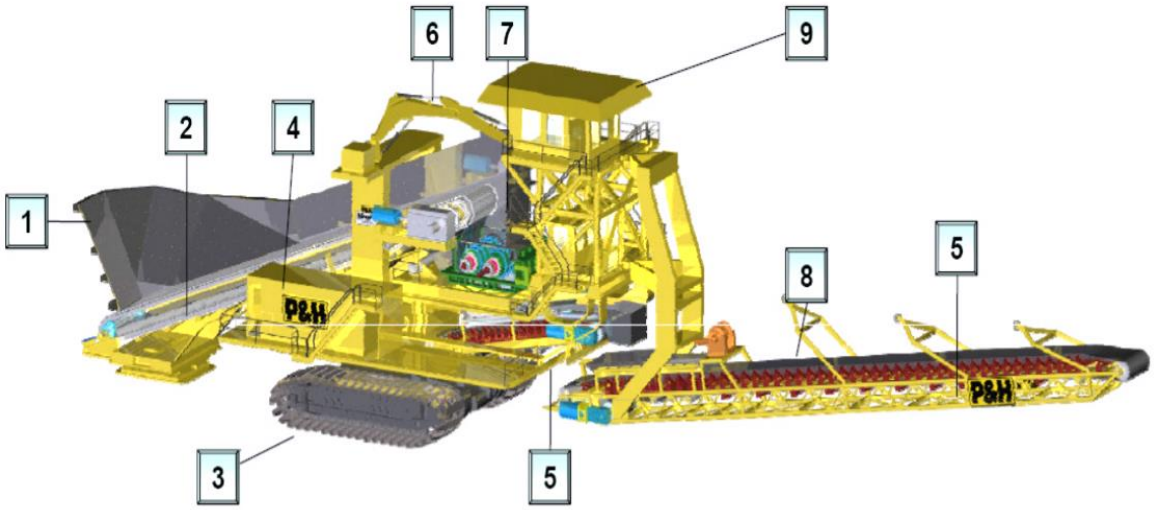
1.1.3. SMIPCC (semi-mobile IPCC)

Az előtörő megbontás nélkül áthelyezhető, de folyamatos termeléskövetésre nem képes. Vagy csúsztatással, vagy saját járószerkezettel lehet mozgatni, tipikusan 3-5 évente gazdaságos áthelyezni. Saját véleményem szerint érdemes „blokkokat” létrehozni a bányában, ahonnan minimális szállítással eljuttatjuk a törőhöz az anyagot, majd ha az egyik blokkot letermeltük, a következőhöz beállni. Ajánlott szállítóutakat optimalizálni, és előnyös 3D környezetben tervezni a bányát.

1.1.4. FMIPCC (fully-mobile IPCC)

Az üzem folyamatos helyváltoztatásra képes, a teherautós szállítást teljesen eliminálva közvetlenül a kotrógép/rakodógép tudja feladni a bányászott anyagot a törőre. Szállítóutak nincsenek, de karbantartóutakat kell tartani, illetve folyamatos felügyelet és 3D tervezés ajánlott, a szállítószalagok optimális elvezetése miatt. Egész más bányászati szemléletet kíván, mint bármelyik másik rendszer, leginkább a folyamatos termelési módszerhez hasonlatos. (H. Abbaspour és C. Drebenstedt, 2019)

1. ábra: FMIPCC előtörés a Metso Outotectől. (mogroup.com, 2016)

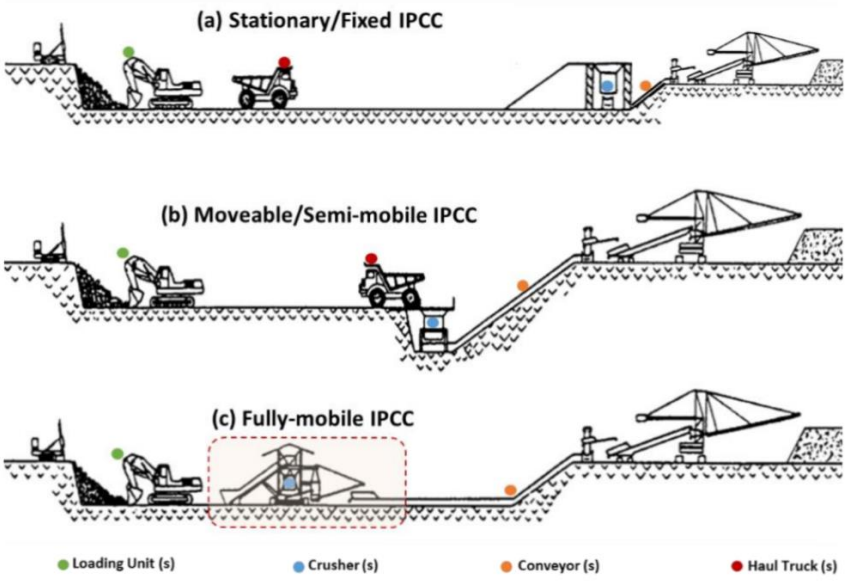


2. ábra: Egy FMIPCC törő felépítése. Az eszközökben többféle törőgép is lehet, nemcsak hengertörő.

Magyarázat: 1 - garat; 2 - adagoló; 3 hajtás (lánctalp); 4 - elektromos vezérlés; 5 - szállítószalagok; 6 - hidraulikus kalapács; 7 - törőberendezés; 8 - elektromágnes; 9 - vezérlőfülke (M.R.T. Mohammadi és társai, 2011)

1.2. Szállítóutak távolsága

Ugyanezen szemlélet másik megközelítése, hogy egyszerűen mennyire távol helyezkedik el az előtörés az aktív termelési fronttól.



3. ábra: IPCC rendszerek kategorizálása (R.J. Thompson, 2005)

Az ábrán jól megfigyelhető, hogy az előtörés mobilitásának növekedésével fordítottan arányos a szállítójárművek útjának hossza, annyira, hogy a teljesen mobil technológiánál el is tűnnek. A legnagyobb emelési munka viszont a félmobil rendszereknél van, mivel ezeknek a bedöntőgaratját kell a termeléssel szintbe hozni, így következetesen maga a technológia lejjebb kap helyet (igaz, az emelést itt a szalagrendszer végzi, ami sokkal hatékonyabb és gazdaságosabb, mint járművekkel). (flsmidth.com, 2020)

2. A bánya bemutatása, történelme

2.1. A bánya történelme

Komló nevéhez évtizedeken keresztül a szénbányászat kapcsolódott. Ma már a bányászati tevékenységhez csak a kőbányászat tartozik. A komlói kőbányászatra vonatkozó legrégebbi rendelkezésünkre iratot Sásdon keltezték 1927.augusztus 31.-én. A falu kateszteri térképe és telekkönyvei alapján ez 2 a hely a Komló-Hosszúhetény országút mellett, a mai kőbányai autóbuszmegálló környékén volt. Rendkívül alacsony színvonalú termelés folyt. A bánya fellendülése a megyei útépítések meggyorsulásával, illetve az utak javítására fordított összegek emelkedésével függött össze. 1929-bElsően már működött a villamos energiával hajtott I. és II. számú zúzómű, osztályozó- és fúrógépek. 1929-re elkészült a keskeny nyomtávú vasútvonala. 1929-ben elkészült a 2,6 km hosszúságú iparvasút, amellyel a MÁV-rakodót kötötték össze a bányával. A MÁV telepén magasrakodót építettek és a billenőszerkezetű csillékről közvetlenül a vasúti kocsiba került a kő. A rekonstrukciót követően a bánya napi termelése: 200 m3 -ről 4-5000 m3 -re emelkedett. Ezzel a beruházással 1930. évben készen állt a 30.000 vagon kapacitású, a kor egyik legkorszerűbb bányaüzeme.1934 és 1945között további beruházásoktörténtek, amik elsősorban a termelő gépek javítását, karbantartását szolgálták. Az egyre növekedő termelés, piacok bővülése szükségessé tette a szállítás korszerűsítését. 1939-ben 6 db mozdony és 350 csille bonyolította le a forgalmat. Lényeges beruházásnak minősült a III.sz. zúzómű megépítése. 1938-ban a kőbánya utat épített Komlóra, hogy gépkocsival is megfelelő összeköttetésbe kerüljön a faluval. A második világháború első éveiben a termelés a nagy hadi építkezések miatt gyorsan növekedett. A német megszállás után a frontvonal közeledtével egyre gyakoribbá váltak a szállítási nehézségek. Nem tudtak vagont biztosítani, így a termelés folyamatosan csökkent, végül 1944 őszén teljesen megállt a munka. A front elvonulása után komoly akadálya volt a termelésnek az üzemanyag és a robbanóanyag hiány. Jelentős fordulatra az 50-es években került sor. A beruházások révén üzembehelyezésre került egy új X-es törő, valamint a lerobbantott kőzetet exkavátor szedte fel és a törőhöz 3 dömper hordta. A X-es törő által megtört követ futószalagon juttatták az osztályozóba, majd a késztermékek silókba kerültek. Innen a már ismertetett módon kisvasúttal került a MÁV rakodóra az anyag. A fokozott gépesítés korszerű irányítási rendszer kiépítését igényelte. Olyan új berendezések kerültek felszerelésre, mint a dömper számláló, a motor jelző, szalagmérleg. A komlói kőbánya szalagmérlege volt az első ilyen berendezés a magyar kőbányaiparban. Komlón 1953. március 18-án zárták le azt a jelentést, amely a komlói andezit vagyont volt hivatva megállapítani. A kutatási jelentés alapján 16.304.000 m^3 andezit vagyont állapítottak

meg. A tanulmány megállapítása alapján „sok-sok évtizedre elegendő kőtartalék áll rendelkezésre”. A korszerű feldolgozó gépek új robbantástechnikai eljárást követeltek meg és 1957 november elsején hajtották végre az első un. „nagykamrás” robbantást. Ezzel az eljárással 35-40.000t követ jövesztettek egyszerre. Az új eljárásnak köszönhetően havonta 9500-10.000t követ termeltek. 1964-re a bánya a kor színvonalán és lehetőségeihez mérten korszerűen gépesített üzemként működött. Termelésének további növelését az út és vasútépítéshez használt termékeinek fokozódó kereslete sürgette. Az 50-es években került kialakításra a ma is üzemelő késztermék depózó rendszer, melyet kisebb átépítésekkel korszerűsítettek. 1964 és 1969 között az utántörő és osztályozó művek fejlesztése történt meg a 20mm-nél kisebb méretű zúzottkő frakciók előállítása érdekében. Új előtörő épült be, az utántörés kúpos törővel bővült. 1971-1973-ban megépült a bánya második termelő üzeme. Ez az üzem váltotta ki a bánya saját erőből létrehozott egyszerűbb technológiája és olcsóbb termékeket gyártó segédüzemét. Az alkalmazott gyártósor Magyarországon először alkalmazott keménykő bányában röpítő törőt. A második üzemre támaszkodva a bányában termeléskiesés nélkül 1973-1975 között megépült az új feldolgozó sor (I. üzem) nagyobb előtörővel, új terméktárolóval, a régi technológia egyes elemének felhasználásával. Az útépítő ipar a 60-as évek végén kezdte sürgetni a zömök szemalakú, élesen osztályozott zúzottkő termékeket. Az úgynevezett „KZ” program során hozták létre a bányák az ilyen terméküket előállító technológiai sorokat. A komlói andezit bánya ebből a programból sikeresen vette ki a részét és termékeit országosan elismerve a korábbi értékesítési területén kívülre is szállított jó minőségű „KZ” termékeket. A két termelő üzemmel rendelkező bánya 1979-re 923 ezer tonna termékével az ország legjelentősebb bányáinak egyike lett. A komlói bánya technológiája élenjáró volt az alkalmazott irányítási módszerek tekintetében: villamos hajtásszabályozás, szintérzékelés a silókban, meddőleválasztás hatékony osztályozó gépekkel. A 90’ évek elején a bánya az osztrák székhelyű Bau Holding A.G tulajdonába került. 1993.-2002. év a bánya tekintetében mindenképpen sikeresnek ítélhető meg, mert a jelentős mértékű beruházások révén a termelési kapacitás jelentős mértékben megnőtt a termékek minősége állandósult és kielégíti a szabványban előírt legszigorúbb határértékeket is. A termelékenység javítását célzó műszaki és szervezési intézkedések eredményeként a létszám tovább csökkent. 2002-ben befejeződött az új bányához tartozó előtörő beruházása. Az új bányarész és a hozzá kapcsolódó előtörő berendezés az adott feladatot tekintve az elérhető legkorszerűbb technikának volt tekinthető. 2016 és 2019 közt megépült az I. üzem, a bánya új utántörése. Száraz porelszívásos minőségjavító technológiája, és automata, egy diszpécser által irányítható kezelőfelülete máig egyedülálló a régióban. (Bobály J. és Fekete L.)

2.2. A jelenlegi előtörés bemutatása

A jelenlegi fő előtörés, a XIII. törő, tehermentesítésre egy másik kisebb technológia, a X. törő áll rendelkezésre. A X. törővel és a hozzá kapcsolódó II. utántöréssel a TDK munkámban nem fogok foglalkozni, mivel csupán tehermentesíti a fő technológiát, az én feladatom a XIII. törő modernizálása.

A XIII. törőt 2002-ben adták át, a Bau Holding A.G (ma: Strabag) fejlesztéseinek részeként. A technológia néhány méterrel a mai U5 szinte fölött helyezkedik el, és mind függőleges mind vízszintes elhelyezése az új bánya akkori képe alapján egy igen átgondolt helyen van. A régebben művelt új bányai szintekről ugyanis kis fordulóval, az anyagot lefelé szállítva lehetett eljutni a bedöntőgarathoz. Maga a garat és a bedöntőbunker üzemi tapasztalatok alapján sajnos ma már alulméretes, az új Komatsu HD-465-8 dömper ugyanis nehezen tud beállni a munkagép a bedöntőhöz, és bedöntésnél egymaga majdnem megtölti a bunkert. Ezt a modernizálásnál figyelembe kell venni mindenképp, mert igen balesetveszélyes így bedöntésnél a közelben lenni.

4. ábra: A komlói új andezitbánya műholdképe, rajta a fő termelőszintek és technológiák. (Google Térkép alapján a szerző saját szerkesztése, 2021)

2.2.1. Termelési folyamat

A robbantott készlet egy Komatsu PC-700 LC és egy Caterpillar 352F mélyásószerelékes kotróval kerül a dömperekre, egy Komatsu HD-465-8 és két Komatsu HD-405-7-re. Ezek a jelenlegi fő fejtési szintről, az U6-ról körülbelül 500 méteres szállítási útvonalon képesek a

kőzetet a XIII. törőre szállítani. Az anyagmozgatás egy része sajnos meredek emelkedőn zajlik, ami mind energetikai, mind gazdasági szempontból előnytelen, ráadásul a dömperekről pereghet le anyag, ami munkabiztonsági szempontból sem elhanyagolható, és folyamatos útkarbantartást kell végezni, ami más törőelhelyezéssel vagy útkialakítással elkerülhető lenne, ezzel a termelékenységet valamennyire növelve (nincs annyi kieső idő az útkarbantartás miatt), és az üzemeltetési kiadásokat is csökkentené.

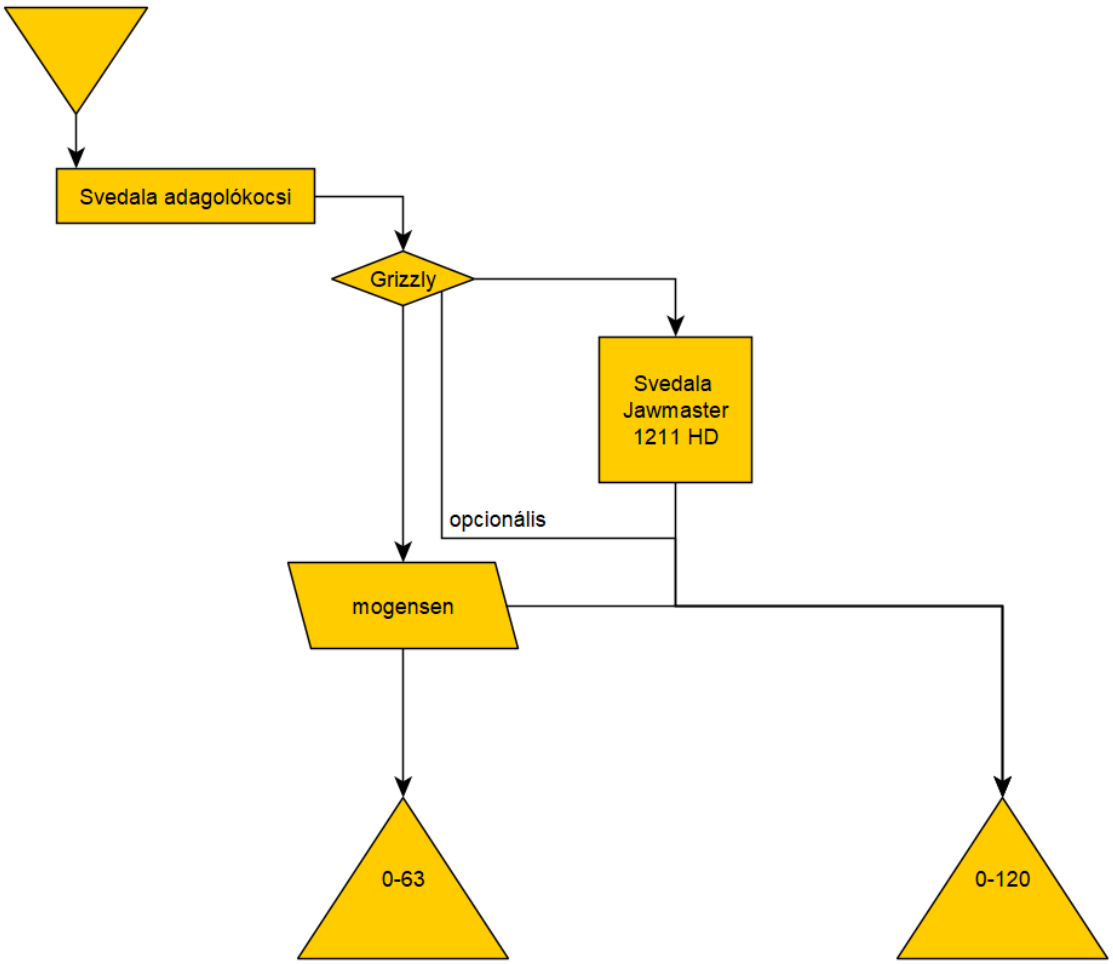
5. ábra: A XIII. törő, a bánya jelenlegi fő előtörése. (Kalácska-Nagy D. és Nagy M., 2020)

2.2.2. A törési folyamat

A XIII. törőben a bedöntött anyagot egy adagolókocsi továbbítja a 4 szegmensű grizzlyhez, ami a Z 0-63-at választja le. Ez voltaképpen egy meddőleválasztás, ami a nemes- és különlegeszúzalékok gyártásához nem megfelelő szemeket távolítja el az utántörés számára deponált 0-120-as szemcseméretű anyagból. Az utolsó 2 szegmens résmérete nagyobbra van hagyva, alatta egy állítható terelőlap helyezkedik el, így az ezeken áteső anyag -ha szükséges- a törőt megkerülve jut a pufferre hordó szalagra, így a törő további terhelése nélkül lehet nagyobb termelékenységet elérni. A 0-63 anyag egy pálcás Mogensen vibrátorra kerül, amivel a benne maradt pufferanyagnak alkalmas szemcséket választják le. Ezeket egy szállítószalag visszaadagolja a pufferre hordó szalagra. A törő egy Svedala Jawmaster 1211 HD típusú egyingás pofástörő.

A jelenlegi termeléshez sajnos sokszor kevésnek bizonyul a Svedala törő termelése, és rendszeres a túl nagy kőzetdarab miatti törőelakadás. Mindkét negatív tulajdonság kizárható vagy mérsékelhető lenne egy nagyobb törő beszerzésével.

A technológia a jelenlegi termeléshez mérten egyértelműen alulméretes, és az új utántörésnek is szűk keresztmetszetet ad. Ezenkívül 20 éves, elöregedőben van, ezért a közeljövőben cserélni kell, hogy ne romoljon drasztikusan a termelékenység, és ne termeljen veszteséget a bányának.



6. ábra: A XIII. törő termelésének folyamatábrája. Szerző saját szerkesztése.

2.2.3. A jelenlegi technológia elemei, ami miatt modernizáció és áthelyezés szükséges

Elöregedett gépek. A XIII. üzem 2002-ben lett átadva, lassan 20 éves lesz. A termelőgépek érzékelhetően kezdenek elöregedni, egyre gyakoribb meghibásodások tapasztalhatók, illetve az alkatrészbeszerzés is egyre nehezebb lesz (Svedala cég már nem létezik például). A technológia betonépülete is az gyengülés jeleit mutatja, és a teljes technológia egyre jobban rázkódik üzem

közben, ami előre nem látható töréseket, repedéseket okozhat a tartószerkezetben, súlyos meghibásodásokat okozva.

Felfelé, hosszú úton szállítás. Az előtörés kiépítésekor, és utána nagyon sokáig optimális helyen volt szállítás alapján. Lefelé szállították a robbantott anyagot, nem túl hosszú útvonalakon. Jelenleg viszont az U6 és a nemsokára kialakításra kerülő U7 szintekről meredeken felfelé kell szállítani, 500 méternél hosszabb útvonalakon. Ezek a tényezők nagyon megdrágítják a bányabeli szállítást, ami alapvetően az egyik legnagyobb termelési költség.

Új gépekhez nem optimális kialakítás. A teljes bányán látszik, hogy nem a jelenleg használt méretű gépekre és forgalomra van tervezve. Az új dömperek sok helyen nehezen férnek el (50-50 cm hely a gép mindkét oldalán, kisívű fordulók) a szállítóutakon kamionforgalom is van, ezért sok helyen torlódás alakul ki, és az állapotuk is gyenge, a nem megfelelő karbantartás miatt. A XIII. törő bedöntőjébe alig, a X. törőhöz pedig egyáltalán nem fér be a Komatsu HD-465-8 dömper.

Automatizáció hiánya. Az előtörés adagolása teljesen kézi vezérlésű, a törőgép telítettségét, és a bedöntőgaratban lévő kőzet mennyiségét szemrevételezéssel lehet csak figyelni. Ezek jól működő módszerek ugyan, de optimalizálni lehetne automatikával, ami egyrészt kevesebb humán munkaerőt igényelne, másrészt a termék minőségére, és a kopóalkatrészek állapotára is folyamatosan figyelve az üzem jobb minőséget tudna előállítani, valószínűleg kisebb működési költség mellett.

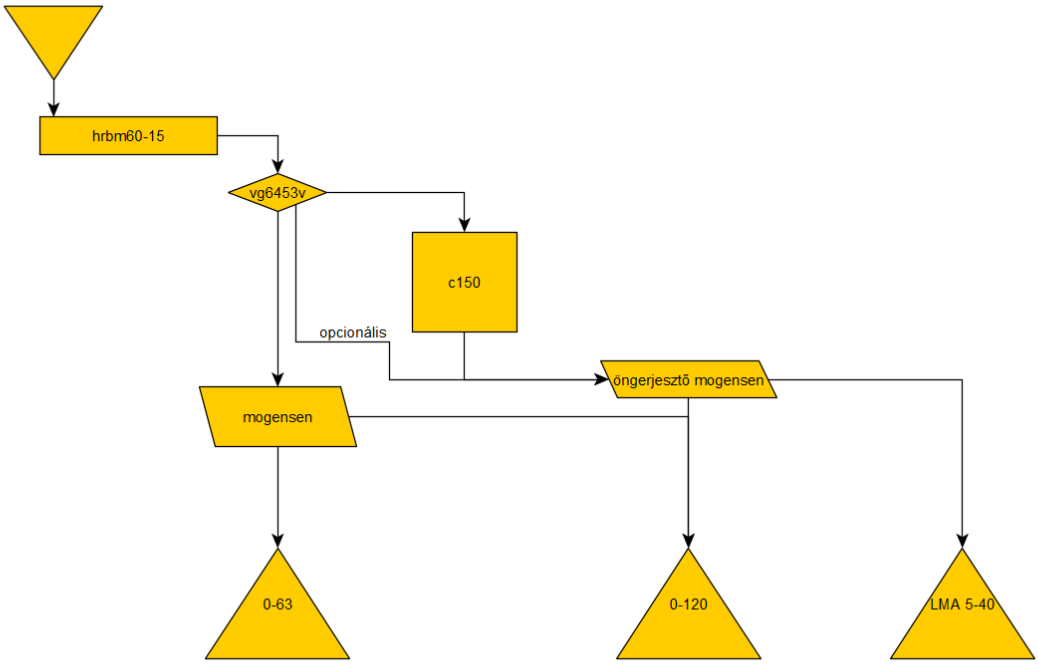
Por-zajkibocsátás nem megfelelő mértékű kezelése. Ugyan próbálnak megoldásokat találni az előtörés kiporzásának és zajának csökkentésére (használt szállítószalagokból készült gumiborítás, porlekötő locsolás), ám ezek sajnos félmegoldások, a technológia maga nem elsősorban ezeket a faktorokat szem előtt tartva lett kialakítva. Ahhoz, hogy a jelenlegi és jövőbeni szabályozásoknak is megfelelően tudjon működni a bánya, véleményem szerint mindenképp burkolt előtörőt szükséges kialakítani, ahol a dömperek az épületen belül borítanak (FIPCC, és SMIPCC megoldásoknál is), így szinte minden port és zajt kibocsátó előtörési művelet épületen belül történik.

3. Hagyományos termelés fix előtöréssel

Legelőször a Komlón eddig megszokott termelési módot terveztem és helyeztem át. Jelentősen nagyobb kapacitású, mint az eddigi előtörés, de az alap módszer megmaradt. Az előtörés ilyen formában lehet acélvázas vagy vasbeton épület. A kettő közül a megfelelőbbet az építőanyagárak, illetve a helyszín sajátosságai adják meg.

3.1. A technológia bemutatása

Az előtörés fő feladata a bányai robbantott anyagból egy törési lépcső alatt 0-120-as szemcseeloszlású úgynevezett 0-120 szemcseméretű anyagot gyártani, és ezt szállítószalaggal a pufferre szállítani, ahonnan az utántörés további törésre és osztályzásra ki tudja húzni. Ez előtti lépcső egy grizzlyvel történő meddőleválasztás, ami a kisebb szemcséket, és az esetlegesen a dömperekre kerülő nem tiszta andezitet hivatott eltávolítani (Z 0-63). A vibrátor utolsó szegmense alatt van egy terelőlap, amivel megvan az opció, hogy az odáig nem leválasztott anyag a törőt megkerülve jusson a pufferre. A meddős kőzet egy Mogensen pálcás vibrátorra kerül, ahol a darabosabb andezit, ami megfelel az utántörésnek leválasztódik és feladásra kerül a pufferre hordó szalagra.



7. ábra: A tervezett fix előtörés folyamatábrája. Szerző saját szerkesztése.

3.1.1. LMA 5/40 leválasztás

Egy opcionális, LMA 5/40 vízépítési terméskő leválasztást terveztem a technológiába, ami a jelenlegi XIII. törőhöz képest újdonság. A bányai vezetés kért LMA 40/200 vízépítési terméskő leválasztást is, ezt munkabiztonsági és üzembiztossági okok miatt külön technológiaként kerül megtervezésre. Az LMA 5/40 általában nehézrostával kerül leválasztásra, de elgondolkodtam egy megoldáson, ami egy öngerjesztő Mogensen pálcás vibrátorral működik, így potenciálisan beszerzési és működési költséget spórolva. Ezen kívül a pálcás vibrátorok kialakításuknál fogva szemalak szerint is válogatnak, emiatt lemezes szemcsék kisebb eséllyel kerülnének terméskőbe. A leválasztást a pálcás vibrátornál és a nehézrosta mezőjének lyukméretét 125mm-re állítanám előzetes számításaim alapján. A vízépítési terméskövek szabványa tömeget szabályoz, nem szemeloszlást. Az andezit sűrűsége 2,2 és 2,6 t/m^3 között mozog, így ezeket vettem közelítő értékeknek.

Későbbi üzemi tapasztalatszerzéssel a beállítás finomítható, optimalizálható. Bármelyik megoldásnál a leválasztást úgy kell megtervezni, hogy a rostamezőt/pálcákat ki lehessen szedni vagy egy állítható terelőlapot a leválasztás elé beszerelni, így ha nincs szükség a frakcióra, minden töret puffer irányába halad. Ezen kívül ajánlott a pofástörőt hidraulikus résállítással beszerezni, így gyorsítva a termékek közti váltást (LMA 5/40-hez nagyobb rés szükséges).

1. táblázat: LMA 5/40 vízépítési terméskő körülbelüli szemeloszlásának vizsgálata. Szerző saját szerkesztése.

LMA 5/40		
Sűrűség (kg/dm3)	2,2	2,6
5kg Térfogat (dm3)	2,2728	1,923
40kg Térfogat (dm3)	18,1819	15,3846
5kg Szabályos kocka élhossz (dm)	1,3148	1,2435
40kg Szabályos kocka élhossz (dm)	2,6295	2,4871
5kg Szabályos kocka élhossz (mm)	131,48	124,35
40kg Szabályos kocka élhossz (mm)	262,95	248,71

3.1.2. Gépkiválasztás

Az új előtöréshez egy Metso Outotec Nordberg C150 egyingás pofástörő lett kiválasztva, a gyártó által megadott törési görbék és kapacitásadatok, illetve üzemi tapasztalat alapján. Ehhez

a gyártó által ajánlott HRBM 60-15 adagolókocsit és VG645-3V grizzlyt párosítottam. Azért adagolókocsit választottam ennél a technológiánál adagolásra, mert minél inkább a jelenlegihez hasonló technológiát akartam ezen megoldásnál tervezni, és mert egy megbízhatóan működő, robusztus adagolási megoldás. A törőválasztásnál nehézséget okozott, hogy a bánya éves termelése erősen változó az eddigi tapasztalatok alapján. Így különlegesen nagy nyersanyaganyagkívánalmú projekteknél, vagy ha sok építkezés van a bánya hatáskörében éves akár 2 millió tonnát is kell tudnia termelni (szükség esetén kiegészítő mobiltörőkkel), ám egy kevésbé forgalmas évben 800000 tonnás termelés mellett is gazdaságos működés az elvárt. Így egy táblázatban éves 800000, 1000000, 1200000 és 1800000 tonnás termelés mellett vizsgáltam Flsmidth, Sandvik és Metso Outotec törők kapacitását.

2. táblázat: Törőválasztás, kapacitás szerint. Szerző saját szerkesztése.
(rockprocessing.sandvik 2021; mogroup.com 2021, flsmidth.com 2021)

Törőválasztás				
3360 óra/év				
Éves term. (ezer t)	800	1000	1200	1800
t/h(optimális)	238,1	297,6	357,1	535,7
C125, 100mm	823 - 1125,6 (974,3)			
245-335 t/h	++	+++	-	---
C125, 125mm	991,2 - 1360,8 (1176)			
295-405 t/h	+	++	++	---
C130, 100mm	1061,8 - 1438,1 (1249,9)			
316-428 t/h	+	++	+++	--
C130, 125mm	1092 - 1498,6 (1295,3)			
325-446 t/h	+	++	+++	--
C150, 125mm	1142,4 - 1579,2 (1360,8)			
340-470 T/h	0	+++	+++	-
TST1200, 100mm	907,2			
270 t/h	++	++	--	---
TST1400, 125mm	1303,7			
388 t/h	-	++	+++	--
CJ412, 100 mm	739,2 - 974,4 (856,8)			
220-290 t/h	+++	-	-	---
CJ412, 125mm	907,2 - 1192,8 (1050)			
270-355 t/h	+	+++	+	---

2520 óra/év				
Éves term. (ezer t)	800	1000	1200	1800
t/h(optimális)	238,1	297,6	357,1	535,7
C125, 100mm	617,4 - 844,2 (730,8)			
245-335 t/h	++	-	---	---
C125, 125mm	743,4 - 1 020,6 (882)			
295-405 t/h	++	+	-	---
C130, 100mm	796,3 – 1078,6 (937,4)			
316-428 t/h	++	+++	-	---
C130, 125mm	819 - 1123,9 (971,5)			
325-446 t/h	++	+++	-	---
C150, 125mm	856,8 - 1184,4 (1020,6)			
340-470 t/h	+++	+++	+	---
TST1200, 100mm	680,4			
270 t/h	+	--	---	---
TST1400, 125mm	977,8			
388 t/h	+	+++	0	---
CJ412, 100mm	554,4 - 730,8 (642,6)			
220-290 t/h	-	--	---	---
CJ412, 125mm	680,4 - 894,6 (787,5)			
270-355 t/h	+++	-	---	---

	C80™	C96™	C106™	C116™	C120™	C130™	C150™	C160™	C200™
Crusher throughput capacity, scalped feed material									
Closed side setting	Capacity								
40 mm	55 - 75								
15/8"	60 - 80								
50 mm	65 - 95								
2"	75 - 100								
60 mm	80 - 110	105 - 135							
23/8"	90 - 120	115 - 150							
70 mm	95 - 135	125 - 155	150 - 185	165 - 205	175 - 240				
23/4"	110 - 145	135 - 170	160 - 205	180 - 225	195 - 265				
80 mm	110 - 150	140 - 180	165 - 215	180 - 235	195 - 270				
31/8"	120 - 165	155 - 200	185 - 240	200 - 260	215 - 295				
90 mm	125 - 175	160 - 200	190 - 235	205 - 255	210 - 305				
3½"	140 - 190	175 - 220	205 - 260	225 - 280	235 - 330				
100 mm	140 - 190	175 - 225	205 - 265	225 - 285	235 - 325	270 - 369			
4"	150 - 210	195 - 250	230 - 295	245 - 315	260 - 360	297 - 406			
125 mm	175 - 245	220 - 280	255 - 325	270 - 345	285 - 395	325 - 446	340 - 470		
5"	195 - 270	240 -310	280 - 360	295 - 380	315 - 435	358 - 491	375 - 515		
150 mm	210 - 290	265 - 335	305 - 385	320 - 405	340 - 475	380 - 523	400 - 555	430 - 610	
6"	230 - 320	290 - 370	335 - 428	350 - 450	375 - 515	418 - 576	440 - 610	475 - 670	
175 mm	245 - 335	310 - 390	355 - 450	370 - 465	385 - 540	435 - 600	460 - 635	495 - 695	630 - 890
7"	270 - 370	340 - 430	390 - 495	405 - 515	430 - 595	479 - 661	505 - 700	545 - 765	695 - 980
200 mm			395 - 500	410 - 520		490 - 677	520 - 720	560 - 790	710 - 1000
8"			445 - 560	460 - 580		539 - 746	570 - 790	615 - 870	780 - 1100
225 mm						545 - 754	580 - 800	625 - 880	785 - 1105
9"						600 - 830	640 - 880	685 - 965	860 - 1215
250 mm						600 - 831	640 - 880	685 - 965	865 - 1215
10"						661 - 915	705 - 970	755 - 1060	950 - 1340

8. ábra: Törőgépkiválasztási segédlet részlete a Metso Outotectől. (mogroup.com, 2021)

A két „befutó” végül két Metso Outotec törő lett, figyelembe véve a jó szakmai hírnevüket, üzemi tapasztalatokat, szakszervizt és javíthatóságot is. Igyekeztem a saját szorzókat szuboptimálisan felvenni (12h/nap termelés, Mogensenről 0,3-szoros anyagmennyiség megy a pufferra a törőhöz képest), hogy a gyártó, valószínűleg ideális körülmények közt számolt értékei miatt ne legyenek valószerűtlen értékeim.

A C130 és C150 közül végül a nagyobb C150 került kiválasztásra, egyszerűen mert nagyobb flexibilitást ad a termelésnek, például egy leállást követően gyorsabban tudja visszatermelni a puffert, de mégsem túlméretes, még 800 000 – 1 000 000 tonnás éves termelés mellett sem volna gazdaságtalan működtetni.

A Mogensen pálcás vibrátorokat speciálisan gyártják a vevő igényei szerint, ezért ide nem tudtam berendezést választani, ezeknél a gyártó az elvárt paramétereket kéri csak.

3. táblázat: A két törő közti termelékenységi különbségek 125mm, illetve 150mm CSS-nél és a kettő átlagánál (körülbelül ekkorára kell állítani a CSS-t, hogy jó pufferanyag keletkezzen). Szerző saját szerkesztése.

törő	C130				C150			
CSS	125		150		125		150	
opt. t/h	325	446	380	523	340	470	400	555
közép t/h	385,5		451,5		405		477,5	
12h/d t	4626		5418		4860		5730	
Mogensen(*1,2) t/h	462,6		541,8		486		573	
Mogensen 12 h/d t	5551,2		6501,6		5832		6876	
CSS átlag	137,5				137,5			
tph intervall.	352,5		484,5		370		512,5	
közép t/h	418,5				441,25			
12h/d t	5022				5295			

3.2. Helykiválasztás, optimális teherösszegyűjtés

A következő lépés a technológia helyének kiválasztása. Nagyon fontos része a technológia tervezésének, és mivel ez a fajta előtörés körülbelül 20 évig ugyanott fog maradni, hatalmas összegeket lehet spórolni vagy épp veszíteni azzal, hogy hova tervezzük. A szállítóutak optimalizálásában annak is nagy szerepet kell kapnia, hogy a dömperek felfelé, vagy lefelé szállítják az anyagot.

A bányászatban teherösszegyűjtési pontok elhelyezéséhez általában sikeresen használható a Dr. Zambó János által kifejlesztett súlyozott távolságok minimumösszegének elve. Ezen elvet használva olyan optimális teherösszegyűjtési pontot kaphatunk az előtörési technológiánknak, amely, ha figyelembe vesszük melyik frontokról mennyi nyersanyagot szeretnénk termelni a technológia élettartama alatt, kiszámolható, hogy az előtörést melyik pontba helyezve lehet a legolcsóbban a nyersanyagot a törőre szállítani. Erről a témáról önmagában egy külön dolgozatot lehetne írni, és én inkább a technológiai résszel foglalkozok a munkámban, ezért részletesen nem mennék bele a témába.

Hatalmas előnyt jelent egy bányában már ma is, ha a szállítás lefelé történik, mivel így a szállítójárműveknek csak a saját tömegüket kell gravitációnak ellenében mozgatniuk. Ez az előny fog az elektromos dömperek/tehergépkocsik esetleges térnyerésével sokszorosára fokozódni, mert ha lefelé szállítanak, ezek a gépek a saját és a szállított nyersanyag tömegéből adódó helyzeti energiát felhasználva még vissza is tudják tölteni magukat, hogy aztán felfelé csak a saját tömegükkel merítsék az akkumulátort. Ellentétes helyzetben viszont csak a saját tömegből adódó helyzeti energia áll rendelkezésre, de a rakományt is magukkal kell vinniük felfelé. A dőlést optimalizálva elméletben elérhető, hogy elektromos dömpereknek egyáltalán ne kelljen tölteniük. Gyakorlatban sajnos kevés bányának ennyire kedvező a fekvése, de a helyhez képest optimalizált dőlésű utakkal és átgondolt gépparkkal, illetve törőgép elhelyezéssel mindenképp nagy költségcsökkentés érhető el.

Jelen helyzetben az U6 szintjébe tudtam besüllyeszteni a technológiát, vízszintes elhelyezése a jelenlegi 0-4 depónia helyére esik. Ide a mostani és későbbi aktív szintekről is igen rövid szállítási utakkal lehet szállítani (sehol nem több mint 250m), illetve jelenleg szintben és lefelé szállítanak a dömperek, 10-15 éves viszonylatban pedig elfogadható mértékű lenne a felfelé szállítás (dízel-hibrid dömperekkel). A tervezésnél nem vettem figyelembe az optimális teherösszegyűjtési pontok elvét, a bánya sajátos körülményei miatt (nagyon kevés a szabad hely a bányában ahová egyáltalán lehet egy ekkora épületet felhúzni, és a fix technológiát olyan helyre akartam tervezni, ahol nem áll kitermelhető andeziten, így voltaképpen 2 lehetséges hely maradt).

9. ábra: A fix előtörés tervezett helye. (Google Térkép alapján a szerző saját szerkesztése, 2021)

3.3. A technológia előnyei és hátrányai

Műszaki tervezésben nem lehet egyértelműen olyat mondani egy lehetséges megoldásra, hogy jobb, mint egy másik. Előnyöket és hátrányokat vethetünk össze, hogy végül helyi tényezőket is figyelembe véve döntésre juthassunk. Ezért minden technológiánál általános előnyöket és hátrányokat állapítok meg, az első technológiánál szakirodalom, illetve saját tapasztalataim alapján, a második kettőnél szakirodalom, illetve saját elképzelések alapján. A pontok nagy része ezen technológiánál saját megfigyelésen alapul.

3.3.1. Előnyök

Alacsony befektetési költség. Erős visszatartó erő lehet a magyar bányászatnak az IPCC technológiák nagy befektetési költsége. Mivel kisebb bányákról van szó, nem minden szereplő a szakmában annyira tőkeerős, hogy ekkora befektetéseket tudjon tenni, és a nagyobb kezdeti költségekkel együtt jár a későbbi megtérülés is, még ha az üzemeltetés olcsóbb is lesz. Ráadásul, ha a bánya 10-15 évnél tovább várhatóan nem fog működni és eddig is fix előtöréssel termelt, nem éri meg más rendszerbe fektetni, mivel az IPCC megoldások hosszabb megtérülési idejük miatt a legtöbb esetben nem termelnének nyereséget. (flsmidth.com, 2021)

A többihez képest sokkal nagyobb know-how mind tervezési, mind működtetési-karbantartási szempontból. A jelenleg dolgozó gépkezelőket, a szervizt, de a mérnökséget is át kell képezni, ha bármilyen új technológiát vezetünk be. Ezen kívül eleinte sok félreértéssel és elkerülhető hibával számolhatunk az IPCC rendszereknél. Egy új, de hagyományos előtörésnél a géppark változik, de az alapelv nem.

Flexibilitás: A gumikerekes szállítójárműveknek hatalmas előnye, hogy nem kötött pályán haladnak, így nem egy specifikus feladatot tudnak ellátni. Legyen az meddőelhordás, depóniaképzés, humuszelhordás, vagy kőzetminőség javítása miatt több helyszínről termelés, szállítójárművekkel sokkal gyorsabban lehet átállni különböző feladatokra. Erre viszont egy megoldás lehet, ha egyszerűen nem selejtezzük le az eddigi járműveket, hogy ha épp szükség van rájuk be lehessen őket állítani a termelésbe vagy tájrendezésbe, de alvállalkozónak is ki lehet adni az ilyen feladatokat.

Később válik lineárissá a termelési folyamat. Ha egy szállítószalagnál üzemzavar lép fel, a teljes technológia leáll, mivel (nagyon kevés esetet leszámítva) lineáris a termelési lánc, azaz csak egy meghatározott módon tud az anyagáram a technológián haladni. Kritikus pontok az átadási pontok is egy szalagrendszeren, mivel itt kapja a szalag a legnagyobb terhelést és esetleges szúró-vágó hatást is a legnagyobb eséllyel. Ha egy szállítójármű üzemképtelen, akkor,

ha nincs is cseregép, a bánya - ugyan visszafogott anyagárammal - de termelni tud. Egy szalagmeghibásodásnál leáll a termelés, jóval nagyobb kiesést és veszteséget termelve, és a javítása hosszadalmasabb tud lenni (vulkanizálás, ragasztás megkötése időigényes).

A jelenlegi bányák jelenlegi termelése ilyen technológiára van kialakítva. Az IPCC rendszerek jóval nagyobb tervezési munkát igényelnek termelés közben is, és más módszerrel is termelnek. Ez az első és második pontot is erősíti, igaz csak rövidtávon, ha egyszer ki van alakítva az új rendszer, és a bánya hosszútávon átáll IPCC-re, ezen előnyök eltűnnek.

3.3.2. Hátrányok

Magas működési költség. Sokkal több üzemanyagot fogyasztanak el a szállítójárművek, mint amennyi elektromosságot a szalagok, ráadásul az összes mozgatott tömeg is sokkal több. Szalagokhoz képest drága alkatrészárak jellemzik a dömpereket, és sokszor csak szakszerviz tudja a meghibásodásokat orvosolni, ami plusz kiesés és kiadás.

Fokozottan veszélyes. A dömperforgalom eleve is balesetveszélyes, ugyanis nagyon nagy a beláthatatlan zóna, amit ugyan lehet orvosolni holttérfigyelővel, de ez sem teljes megoldás, saját tapasztalat bizonyítja. Ezenkívül megcsúszás, felborulás veszélye is fentáll, amit még fokoz, ha esetleg bizonyos termékek miatt kamionforgalom is van a bányában. Egy másik veszélyes pont a bedöntés, ahol a bunker mellé kifordulhatnak darabok, ha nem figyel a gépész, és ha valaki ott tartózkodik nagyon könnyen eltalálja. Kevesebb dömperrel csökkenteni tudjuk a legkiszámíthatatlanabb baleseti forrást, az emberi tényezőt.

Zajterhelés. A belsőégésű motorok mindig is hangosabbak lesznek, mint az elektromosak, és ugyan ebben az irányban is hatalmas fejlődés mutatkozik, az éjszakai termelést még mindig zavarja ez a tulajdonság. De mégsem itt van a legnagyobb zajhatás, ami teherautós szállítással jár, hanem a bedöntésnél. Egyszerre 35-55 tonna kőzetet döntenek az előtörés bunkerébe, ami főleg, ha előtte üres volt és a fémre borítunk, bőven túllépi az éjszakai 40 decibeles környezeti zaj határértéket, de a bedöntés közelében hosszútávon a dolgozókra is káros a hanglöket.

Porterhelés. Száraz időben a tehergépkocsis szállítás hatalmas mennyiségű szállóporképzéssel jár, amit csak a szállítóutak folyamatos locsolásával lehet csökkenteni, már amennyire ezt lehet. Kánikulában saját megfigyelésem szerint az egy kocsival történő locsolás is sajnos kevés, több locsoló lenne szükséges. A porlekötő locsolás plusz egy (vagy több) járművet jelent, ami folyamatosan fogyaszt üzemanyagot, nagymennyiségű víz „vész kárba”, és plusz egy potenciális veszélyforrást is jelent (szilikózisveszélyes a por), ami ellen a bányai dolgozókat védeni kell. Ezenkívül a bányából kijutó por igen környezetszennyező, és ha a bánya túllépi a

megengedett határértéket, komoly bírságokat kaphat. Emiatt mindenkinek megéri, ha minél pormentesebb technológiát igyekszünk kifejleszteni. Ugyanezen probléma jelentkezik az elő- és utántörésnél is, ha nem fedett a technológia.

4. SMIPCC előtörés

A második taglalt technológia egy félmobil, szántalpakon álló, de lehorgonyozható technológia, amit a bányában „blokkos" termeléssel kapcsoltam össze.

4.1. Blokkos termelés

A blokkos termelés annyit tesz, hogy a bányát a termelés megtervezésekor a rendszer gazdaságos áttelepítései közötti idő alatt kitermelhető méretű blokkokra kell szedni úgy, hogy a dömper(ek) fordulóideje a blokk egyik pontjából sem legyen több, mint amennyivel az adott üzem adott mennyiségű dömperrel a cél anyagáramot biztosítani tudja.

Vagyis, ha például egy bányában 500 tonna anyagot kell az előtörésnek biztosítanom óránként, és erre van egy darab Komatsu HD-465-8 dömperem, 55 tonna teherbírású puttonnyal, ezzel:500/55=9,0909 vagyis 10 fordulót kell tennem óránként. Így 60/10=6 percem van egy fordulót teljesíteni, amit nem léphetek át a blokk egyik pontjából sem.

$$t_f = 60/\lceil f \rceil,\ f = A/d$$

ahol:

t_f: a maximális fordulóidő [min],

f: az elvárt anyagáramhoz szükséges fordulók száma [db],

A: az elvárt anyagáram [t/h],

d: a szállítójármű teherbírása [t].

Ez, figyelembe véve a rakodás, döntés, és szállítás időtartamát, meghatároz egy területet, ahonnan a lehelyezett SMIPCC technológiára termelhetünk. A területen fekvő szállítási útvonalak maximális hossza arányos a maximális fordulóidővel, és a szállítójármú átlagsebességével.

$$s_{max} = v_{átl} * [(t_f - t_r - t_d) / 2]$$

ahol:

s_{max}: a szállítási útvonal maximális hossza [m]

$v_{átl}$: a szállítójármű átlagsebessége (kis távolságok miatt ajánlott figyelembe venni az elindulást és megállást is) [m/s]

t_r: a szállítójármű megrakodásának ideje [s]

t_d: a szállítójármű bedöntőbe való döntésének ideje [s]

Ha a gazdaságosan termelhető terület nagyobb, mint amekkorát a meghatározott számú dömper így képes elszállítani (vagyis, ha az elvárt fordulóidő teljesíthetetlenül kicsi, a jármű nem tud megrakodni és visszaérni), több dömpert kell termelésbe állítani. A bányában viszont 3 dimenzióban kell gondolkodni, a technológiát érdemes úgy elhelyezni, hogy a hozzá kapcsolt blokkból lefelé lehessen szállítani. Egy blokkba több termelőszint is tartozhat, és az optimális szállítóutak tervezése létfontosságú.

4.2. Árok kialakítása

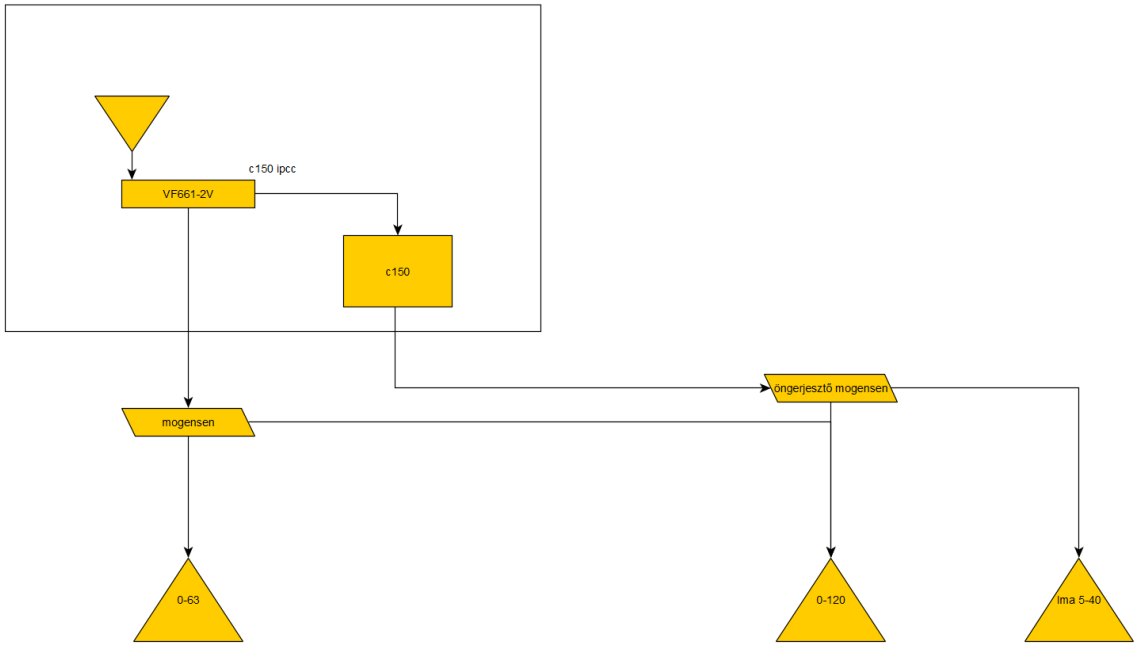
Az SMIPCC rendszerek egy sajátossága, hogy a törőt érdemes a termelőszintek alá elhelyezni, hogy a legalsó szintről való szállításnál se kelljen a dömpereknek emelkedőn felfelé szállítani. Ezért -ha nincs a termelőszintek alatt terület- érdemes egy árkot kialakítani a technológia tervezett helyén, és ebbe besüllyeszteni azt. Így mivel a szállítószalag a gravitáció ellenében történő szállításnál is effektívebb, mint a dömperek, az üzemeltetési költségek csökkenthetők. Persze az árok kialakításánál figyelembe kell venni azt is, hogy ennek mennyibe kerül a kialakítása, ha ugyanis drágább, mint amennyit a felfelé szállítás eliminálásával az évek alatt spórolunk, nyilván nem érdemes kialakítani.

10. ábra: Az ajánlott árokkialakítás sematikus ábrája. (R.J. Thompson, 2005)

4.3. A technológia bemutatása

A technológia tervezésekor két megoldás is született: egy, ahol kétfajta anyagot is el kell szállítani a bányába lehelyezett előtöréstől, a másiknál egy szalagon megy ki a teljes termelvény, és később egy fix állomáson történik a szeparáció.

4.3.1. Törés előtti meddőszeparáció

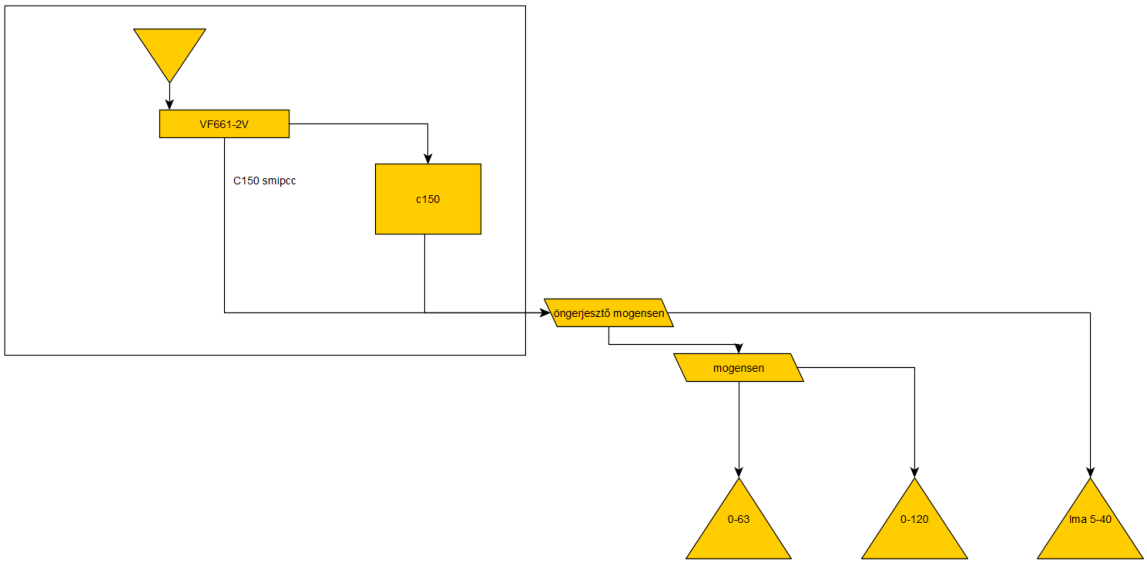


11. ábra: A tervezett SMIPCC előtörés, két kimenő szalaggal (Szerző saját szerkesztése)

Az első megoldáson a bedöntőbunkerből a robbantott kőzet egy Metso Outotec VF661-2V vibrációs elven működő grizzly-adagolóra kerül, ami a 0-63 leválasztással egybeépítve továbbítja az anyagot az előzőekben kiválasztott Metso Outotec C150 pofástörőre. Alternatív megoldásként egy adagolókocsi-grizzly, vagy egy „apron" adagoló-grizzly kombináció is teljesen működőképes. Én a grizzly-adagolót kompakt mérete miatt választottam, mert úgy gondolom könnyebbé teheti a technológia áthelyezését. A 0-63 és a pufferanyag kihordószalagját érdemes egymás mellett vagy alatt vinni, helytakarékosság miatt. A bányán kívüli előfeldolgozóban a 0-63 egy pálcás Mogensen vibrátorra kerül, ahol a pufferanyagnak érdemes szemeket visszaadagoljuk pufferre hordó szalagra, az átesett szemek pedig Z 0-63 depóniára kerülnek. A törőből kijött anyag az LMA 5/40 leválasztásra kerül, az ezen átesett szemek kerülnek a pufferre hordó szalagra, ahol a Mogensen leválasztással együtt kerülnek az utántörés pufferére.

A megoldás előnye a következővel szemben, hogy kisebb anyagáramok terhelik az LMA 5/40 leválasztást, és a pálcás Mogensent is, ezenkívül a Mogensenre kisebb szemek kerülnek csak fel. Így kisebb gépek is elegendőek ugyanahhoz az anyagmennyiséghez. Hátránya plusz szalagok, amiket üzemeltetni kell.

4.3.2. Bányán kívüli meddőszeparáció



12. ábra: A tervezett SMIPCC előtörés, egy kimenő szalaggal (szerző saját szerkesztése)

A második megoldás ugyanúgy kezdi a feldolgozást, mint az első, de a grizzly-adagoló által leválasztott anyag ugyanarra a szalagra kerül, mint a C150 törete. A szétválasztásra ilyenkor a törő tehermentesítése, illetve a törőt károsító anyagok (pl.: agyagos, földes részek) elvezetése miatt van szükség. Így csupán egy szállítószalag megy ki a bányából, ami feladja az előtört anyagot először az LMA 5/40 leválasztásra, ahonnan az áteső anyag kerül fel egy pálcás Mogensen vibrátorra, ami a pufferanyag meddőleválasztását végzi. Azért kerül előre a terméskő leválasztás, mert így a pálcás vibrátor kevesebb anyagot, és kisebb szemeket kap, reményeim szerint meggátolva ezzel a túlzott kopást.

A technológia előnye az előzővel szemben, hogy csak egy szalag megy ki az előtöréstől, jelentősen lecsökkentve ezzel az áthelyezés időtartamát, ami jelentős bevételkieséstől védi a termelést. Ezenkívül a hosszú szalagpályák fokozott karbantartást igényelnek, a folyamatos termelés biztosítása miatt, így ha egy szalag van csak, kevesebb személyzetet igényelhet a technológia, és kevesebb időt vesz igénybe a karbantartás. Ezen felül a szalagra előbb kerülő apróbb 0-63 anyag egy kőágyat hoz létre, ami a nagyobb töret számára energiaelnyelőként funkcionál mind ütés, mind vágási hatásokat lecsökkentve, így a szalag élettartamát jelentősen javítva (Komlón probléma a pufferre hordó szalag idő előtti elhasználódása, mivel éles, nagy tömegű darabok erősen ütődve esnek átadáskor). Hátránya leválasztásokra jutó nagyobb anyagáram, ami nagyobb kopást, működtetési, és beszerzési költséget jelenthet.

4.4. A technológia elhelyezése

A technológia elhelyezését a blokkrendszerre alapoztam, de a bánya kiterjedése és termelése miatt (egy dömperrel lehetetlen a megfelelő anyagáramot biztosítani, kettő viszont tulajdonképpen lefedi az egész bányát) ez nem vezet eredményre, inkább olyan termelést javasolnék, ahol mindig egy szintet művelünk le teljesen, és ennek valamelyik szélén egy árokban kap helyet az előtörés, a felfelé szállítást minimalizálva. A szint leművelése után területrobbantással mélyítjük az árkot, aminek a kitermelése után (ilyenkor felfelé szállítás sajnos elkerülhetetlen) a törőt az újonnan kialakított helyre bevontatva folytatódhat a termelés az új szinten.

4.5. A technológia kivitelezése

A technológia kivitelezését a Metso Outotec FIT™ technológiájára alapoztam, ami egy nagymértékben standardizált, moduláris, előre legyártott alkatrészekből felépített rendszer, ami a gyártó szerint 25%-kal rövidített szállítási és 15%-kal rövidített felépítési időt jelent, illetve beszerzési költsége is kedvező. Ilyen egyelőre nem sok létezik, a legtöbb megoldás egyedi tervezés, ami jelentősen nagyobb költséget jelentene. Ezenkívül lehetséges szántalpas kivitelezés is, ami a mobilitást növeli. A moduláris rendszernek köszönhetően sokfajta technológiát tudnak konfigurálni a meglévő elemekből, sokfajta igényt kielégítve.

13. ábra: Egy Metso Outotec FIT™ rendszer (mogroup.com, 2021)

4.6. A technológia előnyei és hátrányai

4.6.1. Előnyök

Redukált működési költség. Az elektromosan hajtott járművek, szállítóeszközök mindig olcsóbban üzemeltethetőek, és ennél a technológiánál kevesebb dömperrel tudunk hasonló anyagmennyiséget termelni. Ráadásul mivel mindig a legalsó blokk pontjába lehet elhelyezni a technológiát, egyszerű átállni elektromos dömperekre is akár. Így csak a homlokrakodók és esetleg a termelő kotró lesz dízelüzemű a termelőgépek közül, bár a kotrónál is meg lehet oldani az elektromos meghajtást. Ezenkívül az előzőekben tárgyaltuk, hogy a szalagok, amik ezen technológia esetén sokkal hosszabb útvonalon szállítják az anyagot sokkal hatékonyabban szállítanak ömlesztett anyagot mint a dömperek, amiket kisebb távokon használunk.

Kisebb veszélyzóna. A fix előtöréssel ellentétben SMIPCC rendszerek alkalmazásakor csak egy meghatározott kisebb területen van folyamatos dömperforgalom, a bányán kívül nincs. Így az ütközés, elütés veszélye sokkal kevésbé fokozott, mint egy fix technológiánál. Egy bányaüzemben általában a bánya területén kívül vannak nem gépekben dolgozó emberek (gépészet, utántörés, laboratórium), ezen alkalmazottak is nagyobb biztonságot élvezhetnek, ha kivonjuk a dömperforgalmat az ő munkahelyeikről. Továbbá a kamionok útvonalait is ki lehet alakítani úgy, hogy ne keresztezzék a termelést, így a bányabeli szállítást is gyorsabbá és biztonságosabbá téve. Összességében a termelés és a többi részleg helyszíni elválasztása jelentősen javítja a bányabeli munka biztonságát.

Flexibilitás. Ugyan nem akárhonnan tudunk anyagot adni a törőre SMIPCC rendszernél, de a blokkon belül megvan a lehetőség minőség kiegyenlítésére szolgáló kevert anyagot feladni. Az, hogy nem eliminálunk teljesen a gumikerekes szállítást arra is lehetőséget ad, hogy más feladatokat is elvégezzenek, ha szükség van ilyenre.

Könnyű adaptáció. Félmobil előtörés alkalmazásakor nem változik a termelés alapvető logikája, csak az állomások és a távok alakulnak át. Ezért a meglévő eszközparkot lehet használni, és a következő beszerzési időszakban optimalizálni. Így az eddig használt dömperek, és Komló esetében a két kotró tökéletesen használható, amivel jelentős költségeket spórolhatunk meg beszerzésnél, ami még egy előnyt jelent.

Könnyebb átállás teljesen elektromos termelésre. Ha úgy tervezzük az SMIPCC rendszerünket, hogy megvalósuljon a lefelé történő anyagszállítás, az előzőekben taglaltak szerint át lehet állni elektromos dömperekre, ezenkívül a kotrók is lehetnek elektromosak, megfelelő hálózat bányába való bevezetése mellett. Ez kibocsátás terén is hatalmas előrelépés, de a jelenlegi

dízelüzemű hajtásláncoknál jóval üzembiztosabbak is lehetnek az elektromosak. Kevesebb mozgó alkatrész, bonyolult nyomatékváltórendszerek és a bizonytalanul működő kipufogószűrők hiánya jellemzi az elektromos termelőgépeket. A bányászatban eddig nem az elektromos hajtások voltak a szűk keresztmetszet, hanem az akkumulátortechnika, ami miatt nem terjedt el az elektromos termelés. Ez viszont jelenleg egy rohamosan fejlődő ágazat, ami egy optimalizált SMIPCC rendszerrel kombinálva lehetővé teszi az elektromos anyagszállítást.

Redukált kibocsátás. Napjainkban bármilyen ipari tevékenységnek -jogosan- egyre szigorúbb kibocsátási normáknak kell megfelelnie. Az IPCC rendszerek egyik legnagyobb előnye, hogy úgy tudják optimalizálni a termelést, hogy annak majdnem minden, vagy minden eleme elektromos meghajtást kap, így például egy Komló féle építőkő kitermelésben minimáliskibocsátás érhető el mai eszközökkel is. Eme hozzáállás legfőbb mozgatóereje kell legyen a cégek részéről, hogy ne csak megfelelni akarjanak a környezetvédelmi előírásoknak, hanem aktívan dolgozzanak a saját karbonlábnyomuk minimalizálásán, élhető jövőt teremtve ezzel a Földnek.

Kisebb humán munkaerőigény és automatizáció. A külszíni termelésnek jelenleg két folyamata van, amit mai technológiával még nem lehet elégséges szinten automatizálni: a rakodás, és a dömperes szállítás. (Termelésbe nem vettem bele a faltól történő elválasztást, az a fejtésbe tartozik.) Így - mivel a rakodás elkerülhetetlen - minél kisebb részen használunk dömperes szállítást, annál automatizálhatóbb a folyamat, annál több adatot nyerhetünk ki a termelési láncból szenzorok által, és végérvényesen annál kevesebb emberre van szükség a bányában.

4.6.2. Hátrányok

Magas tőkebefektetés. Az IPCC rendszerek beépítése sajnos többe kerül, mint a fix előtöréseké. Nagy tájrendezési munkálatok, acélszerkezetes felépítmény a beton helyett, a hosszú szalagvázak és az ilyen előtöréshez szükséges nagymértékű automatizáció mind magas befektetési költséget eredményeznek, főleg mivel egyelőre nem elterjedtek az IPCC rendszerek, ami miatt kismértékű standardizáció van jelen az ágazatban, és sajnos sok egyedi, nem sorozatgyártott alkatrészt kell felhasználni.

Porterhelés. Ha kisebb mértékű is, mint egy fix technológia esetén, mégis jelentős kiporzással kell számolni SMIPCC rendszerek üzemeltetésénél. A tény, hogy van dömper

es szállítás egy bányában magával vonja a szállópor nagymértékű keletkezését, emiatt ugyanazok igazak itt is mint a fix technológiánál, még ha mérséklődnek is. Viszont az előtörés bányába való helyezésével, illetve a szállítószalagok burkolásával egy helyre, a bányába

koncentrálható a kiporzás nagy része, így például a készlettérre és a bekötőutakra is kevesebb por juthat, nagyban mérsékelve ezzel a bányából kijutó port, ami környezetvédelmi szempontból nem elhanyagolható, és a nem bányai munkahelyek is kevésbé veszélyesek lehetnek a szállópormennyiség redukálásának köszönhetően.

Zajterhelés. A dömperforgalom csak a bányára korlátozása ideális elhelyezkedés mellett (a termelés távolabb van a lakott területtől mint az utántörés és a gépkocsirakodó) pozitív változásokat eredményezhet a környező lakóépületekre jutó zajterhelés szempontjából, de ilyen kialakítás sajnos kevés bányaüzem esetében kialakítható, a legtöbb esetben SMIPCC rendszerrel nem hozható jelentős javulás egy fix előtöréshez képest zajszennyezés szempontjából, csak ha védőtöltésekkel vagy a technológia burkolásával külön figyelmet szentelünk a problémára. A burkolás kiporzás szempontjából is ajánlott, mivel az előtörés porlekötés nélkül jelentős mennyiségű szállóport bocsát ki.

Folyamatos felügyelet szükségessége a termelési láncon. Az SMIPCC rendszerek lineáris felépítése miatt, fokozottan ügyelni érdemes a megelőző karbantartások előnyben részesítésére a hibaelhárítás miatt, maximálva a tervezett leállások arányát a nem tervezettekével szemben, így az előre nem látható kiesésekkel járó pluszköltségeket és termelésleállást minimalizálva. Ehhez segítséget nyújthat egy idő-hasznosítási modell (Time-Utilisation Model, TUM). Másrészről egy képzett gépész-karbantartó műszak kell a bányába, abban a műszakban, amikor nincs termelés -ha van ilyen- nagyobb létszámmal ellenőrizve a teljes termelési láncot.

Áthelyezés nehézségei. A legnagyobb termeléskiesést SMIPCC technológiáknál az új helyre való költöztetés adja. Mivel saját helyváltoztatásra képtelen, vagy a bányában található gépekkel kell megoldani az áthelyezést (szántalpakkal rendelkező technológia esetén) vagy külön trailert bérelni, ha máshogy nem megoldható, ami sajnos nagy pluszköltséget is jelent. Ilyen fajta áthelyezéseket megelőzi egy nagyléptékű előkészületi fázis is, amikor az utakat kell kialakítani az új helyszínre, tereprendezést kell végezni, hogy a technológia fel tudjon állni, és ha árokba akarjuk helyezni, azt ki kell robbantani. Ezek miatt a legnagyobb egyidejű állással az SMIPCC technológiánál számolhatunk a három taglalt megoldás közül, igaz, ilyen ritkán történik.

5. FMIPCC előtörés

5.1. A rendszer bemutatása

Az FMIPCC rendszerek a járműves szállítást teljesen elhagyva, egy magától helyváltoztatásra képes mobil előtörési rendszerrel működnek, amelyek töretét aztán mobilszalagok, nagyobb méretű kitermeléseknél szalaghidak továbbítanak, majd egy áthelyezhető szalagpályára adnak, ami további feldolgozásra továbbítja az anyagot.

Mivel a kotrón kívül minden berendezés össze van kötve a szalagrendszer által, egy a szalagvázra erősített segédvázon elvezetett nagyfeszültségű vezetékkel (előírás miatt kell így kialakítani) a teljes rendszert lehet táplálni, és a törőről nem nehéz a kotróhoz egy leágazást létrehozni. Így a teljes termelési lánc elektromossá tehető, nagyban lecsökkentve ezzel a bánya lokális CO_2 kibocsátását, illetve olcsóbb is, mint akár a dízelüzemű hagyományos gépekkel való termelés, mind az elektromos dömperekkel történő, mivel itt nem kell drága nagyteljesítményű akkumulátorpakkokat beszerezni.

Komlói technológiámhoz a Metso Outotec Lokotrack - Lokolink rendszerét választottam ki.

5.2. Boral Peppertree FMIPCC rendszerének elemzése

A komlói FMIPCC technológia elképzelésében, megtervezésében az alapot a Boral Peppertree bánya 2012-ben leszállított és 2014-ben teljesen üzembe állított Metso LT160 mobil előtörője adta, Lokolink szalagokkal kiegészítve.

5.2.1. A Peppertree bánya kialakítása

Az újonnan induló bánya kockázatelemzése után jutottak arra a Boral munkatársai, hogy IPCC előtöréssel tudnak a legbiztonságosabban, és leghatékonyabban termelni. Az új technológia miatt jelentősen lecsökkenhetett a bánya dömperflottája, ami csökkent üzemanyagfogyasztást, biztonságosabb termelést és nagyobb üzembiztosságot eredményezett. Sőt, zöldmezős beruházás lévén a cég a bánya teljes egészét újonnan tervezte és építette, így a lehetőséget kihasználva fedetlen készlettér és kamionos kiszállítás sincs, nincs szükség homlokrakodókra, a termelvény teljes egészében silókba kerül, ahonnan kihúzva vasúti úton kerül elszállításra. Így egyrészt még kevesebb fosszilis üzemanyagot fogyaszt a bánya és a munkagépek hiánya miatt a biztonság is kimagasló, másrészt a termelvény az előtörés pillanatától kezdve végig fedett térben mozog, ezzel a kiporzást és zajhatást minimalizálva. (agg-net.com 2021)

14. ábra: A Boral Peppertree granodiorit bánya Lokotrack - Lokolink előtörése (Google Térkép, 2021)

5.2.2. Az előtörő bemutatása

A Lokotrack LT160 285 tonnás, 12m magas és 25m hosszú, ezzel a legnagyobb mobiltörő a déli féltekén. A technológiában egy Metso C160 egyingás pofástörő dolgozik, a hozzá való tálcás adagolóval, és grizzlyvel. A bányában -Komlóhoz hasonlóan- zajhatárt kell betartani, ezért a törő körül gumilepedők fogják fel a port és a zajt is, illetve az adagoló gumi kopólemezekkel van felszerelve, szintén zajcsökkentés céljából.

A törő 800-1150 t/h anyagot képes előtörni és továbbítani, és pár óránként kell áthelyezni. Ez csupán pár percet vesz igénybe, és egy operátor -akár a kotrógépkezelő is- egy távirányító segítségével képes elvégezni.

A Lokolink szalagok pedig az ezelőtt tárgyalt módon automatikusan követik a törőberendezést. Az LT160 törőt egy Hitachi EX1200 mélyásószerelékes kotró rakodja.

5.2.3. Biztonságos jövesztés

Jövesztő robbantáskor a technológia egy biztonságos, körülbelül 70 méteres távolságba tud félrehúzódni. A robbantás után egy gumikerekes homlokrakodó letakarítja a bányaudvart, ezután visszaállhat a mobiltörő, minimális leállási időt produkálva.

5.2.4. A technológia áthelyezése

Ha a bányaudvar olyan helyére kell átállnia a termelésnek ahová nem érnek el a mobilszalagok az addigi konfigurációval, hidraulikus kapcsolókkal le tudnak válni a szalagpálya átadásáról, és

a törővel együtt mozogva átállnak. Ilyen mód tud a teljes rendszer termelőszintek között is mozogni, egyszerű rámpákon.

5.2.5. Energiaellátás

A törő teljesen elektromos működtetésű. A lánctalp hajtása hidraulikus, míg a grizzly-adagoló MV^{TM} vibromotorral és a törő 200 kW-os kalickás aszinkronmotorral van meghajtva. De annak esetén, ha nem elérhető elektromos energia vezetéken keresztül (például az overland szalagról való leválásnál, vagy szintek közti mozgásnál), egy fedélzeti CAT dízelgenerátor is el tudja látni a törő hidraulikus hajtását, és a Lokolink szalagokat.

5.2.6. Automatizáció, monitoring

Automatikus módban a törő monitoringrendszere (IC900) tudja szabályozni az adagolás sebességét, sőt, teljesen le is tudja állítani azt. A törő a kijelzőjén látható termelési adatokat vezeték nélkül átküldi egy a kotró fülkéjében megtalálható HMI (human-machine interface) panelra. Ezen kívül az LT160 fedélzeti kamerái képét is látja a kotrókezelő, így látja az eljárás menetét, és ha szükséges, a HMI panelen finomhangolni tudja az adagolás paramétereit. Egy szalagmérleg került elhelyezésre az első Lokolink szalagon, aminek adatait a törő, és a kotró panelján is látni lehet, így a kotrógépkezelő folyamatosan követni tudja mennyit termelt a bánya, milyen hatékonyan működik az előtörés.

5.2.7. Automatikus indítás

Automata rendszer irányítja a teljes üzem indítási folyamatát. Az operátornak az LT160 beindítása után csak meg kell nyomnia a start-up gombot, és a teljes rendszer beindul. Elsőként a Lokolink - szalagpálya átadás garatjában található adagolótálca, majd a Lokolink szalagok, kiegészítő berendezések (porlekötő locsolás), a Lokotrack kihúzószalagja, a törő, a grizzly, és végül a feladás adagolótálcája.

5.2.8. Modern biztonságtechnikai és üzemeltetési megoldások

Biztonságtechnikai kritériumoknak való megfelelés miatt is sok modern megoldás került be az előtörésbe. A törő felett van egy beépített szervizdaru, így kopólapcsere esetén nem kell mobildarut alkalmazni, ami mindig egy potenciális veszélyforrás. A Lokolink mobilszalagrendszeren mindkét oldalt járóosztály található, nagyban megkönnyítve, illetve biztonságosabbá téve a görgő- és szalagcseréket, mivel ilyen mód sokkal kevesebbszer kell a karbantartószemélyzetnek a szalagvázra másznia javítás közben. A technológia külső világítása mágneses felfogatókkal van ellátva, így az operátorok mindig a lehető legjobb megvilágításban tudnak dolgozni. Üzembiztonsági szempontból nagyon érdekes még az elektromos

kapcsolószoba, ami saját hidraulikus lábaival egy kicsit ki tud emelkedni és különválni a törőtől, így az üzem közben fellépő vibrációktól védve van, ami miatt sokkal kisebb a meghibásodás esélye. (processonline.com, 2013)

15. ábra: A Boral Peppertree bánya előtörése (aggbusiness.com, 2014)

5.2.9. LT160 előtörés összefoglalása

A Boral Peppertree-i előtörése jó példája annak, milyen az, ha egy bányászati cég hajlandó a szigorú kibocsátási, illetve por- és zajvédelmi előírásokat nemcsak betartani, de még ezeknél sokkal alacsonyabbra is vinni. A technológia befektetési költsége minden bizonnyal jelentősen nagyobb volt, mint egy hagyományos termelésé, ezzel szemben viszont egyrészt mivel dömperek egyáltalán nincsenek, homlokrakodó pedig csak karbantartási célra, sokkal kevesebb üzemanyag, olaj, rezsianyag (olajszűrők, AdBlue, stb…) fogy a bányában, ami miatt a működési költségvalószínűleg jelentősen kevesebb mint egy hagyományos rendszernél, ezzel ugyan egy hosszabb megtérülési idő után, de végül nagyobb nyereségre is tehetnek szert. Ezen kívül a por-és zaj minimalizálásával a helyi lakosságot is védik, és elkerülhetik az összetűzéseket velük, a kibocsátási normák teljesítésén kívül. Az üzem nagymértékű automatizálásával elérték, hogy egy évente ~3,5 millió tonna zúzottkövet és feldolgozott homokot termelő bányaüzem körülbelül 30 ember munkájával a hét minden napján 24 órában működjön.

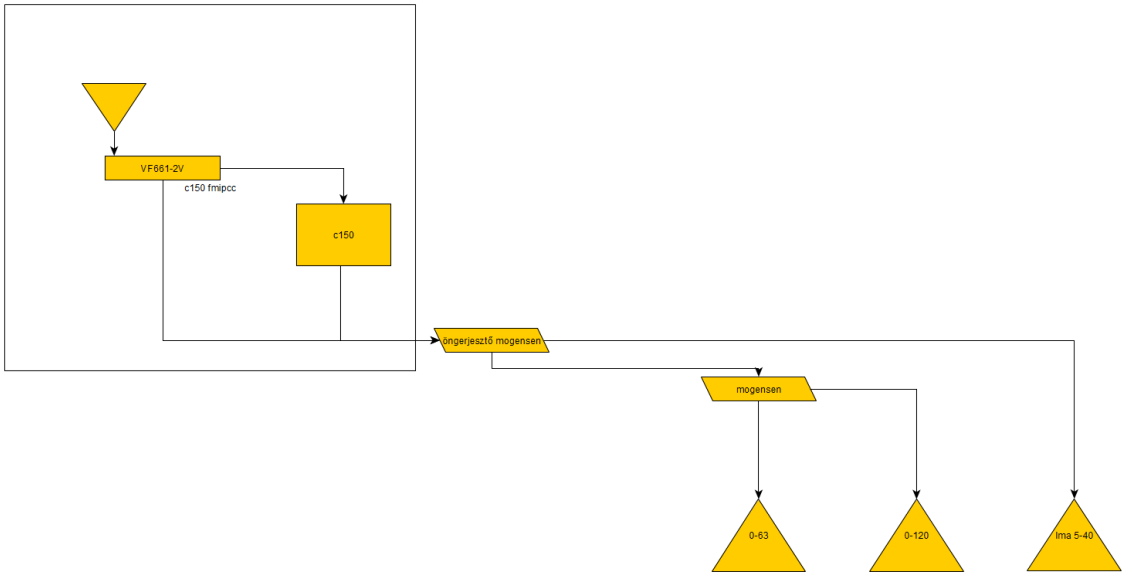
5.3. Az előtörés folyamata

A technológia legelején egy Metso Outotec VF661-2V grizzly-adagoló továbbítja a robbantott kőzetet a C150 pofástörőre, illetve leválasztja a szemcséket, amiket méretük miatt nem kell megtörni, ezzel tehermentesítve a törőt.

Ezután még az előtörőben a pofástörő törete, és a leválasztott anyag is ugyanarra a szállítószalagra kerül, úgy, hogy előbb az apróbb leválasztott kerül fel, hogy a törőből kikerülő nagyobb, élesebb szemcsék energiáját elnyelve védje a szalagot. Ezt a hatást minden szalagátadáskor igyekszem létrehozni, hogy minél jobban védve legyen a szalagrendszer az idő előtti meghibásodástól, mivel ezeket cserélni időigényes feladat, és nagy kiesést okozhat, ha nem ügyelünk megfelelően a szalagok kopására. Ezért minden átadásnál rácsos adagolót építenék be, ami hasonlóan, mint a grizzly, a kisebb szemcséket adja először a szalagra, így a nagyobbak rájuk esnek, nem közvetlenül a gumifelületre.

Miután a töret elhagyja az előtörő technológia kihordószalagját, végigmegy a két automata Lokolink mobilszalagon. Ezen berendezések automatikusan követik a törőgép mozgását, és a mobiltörő segítségével az átadási pontjukat is el tudják mozdítani a hozzájuk csatlakozott szalagpályán, ha az átadási szerkezet gépészetileg úgy van kialakítva, hogy síneken tudjon mozogni (mogroup.com, 2021). Így az szalagpályák túlzottan sűrű áthelyezése nélkül, folyamatosan lehet termelni, és tulajdonképpen egy operátor képes a teljes láncot működtetni a kotrógépből.

Miután a szalagrendszer kihozta az anyagot a bányából, a töret az LMA 5/40 leválasztásra kerül, ahol -ha kell- a fentmaradó kő deponálásra kerül majd a leválasztáson áteső anyag a Mogensen meddőleválasztóra kerül, ami szétválasztja a 0-120 pufferanyagot, amit egy kihordószalag I. utántörés pufferére szállít, és a Z 0-63 anyagot, amit a 0-63 depóniára visz egy másik szalag.



16. ábra: A tervezett FMIPCC előtörés folyamatábrája. Szerző saját szerkesztése.

5.3.1 Sorozatgyártott előtörő jelenlegi lehetőségei

A technológia beszerzésén sokat lehet spórolni, ha sorozatgyártott előtörőt tervezünk, egyedileg gyártott helyett. Ezért elgondolkoztam egy kisebb, C130 előtörésen is, amihez gyártanak egy Lokotrack LT130E nevű, hibrid - elektromos mobiltörőt. Ennek különbsége a másik FMIPCC technológiával szemben a mobil előtörő, a technológiai lánc többi része ugyanolyan marad. Nagy hátrány a C130 törő kisebb teljesítménye, ami a forgalmas években szűk keresztmetszet lehet, amit súlyosbít, hogy az FMIPCC előtöréseknek a tapasztalatok szerint, ha nem is jelentősen, de kisebb a kapacitásuk a fix és SMIPCC technológiákhoz képest ugyanolyan törőfajtát figyelembe véve (I.K. Dzakpata, 2020). A beszerzése viszont sokkal olcsóbb lehet, a nagyon forgalmas éveken kívül mindig tökéletesen használható, és a Metso Urban™ zajvédelmi rendszernek köszönhetően akár 60%-kal csökken a zavaró zajszinttel terhelt terület a törő körül, ami azt jelenti, hogy egyrészt nappal is sokkal kisebb a zajterhelés a környéken, és szükség szerint akár éjszaka is lehet termelni, jelentősen megnövelve a termelékenységet. (mogroup.com, 2021)

Az Urban rendszer egyedi mobiltörőkre való alkalmazhatóságáról nincs információm, ezért úgy veszem, a C150 mobiltörő ilyen mód nem zajszigetelt.

5.4. A technológia előnyei és hátrányai

5.4.1. Előnyök

Erősen redukált működési költség fix előtörésekhez képest. Míg a szalagok a befektetett energia ~80%-át az ömlesztett anyag mozgatására használják, a dömpereknél ez az arány 30-50°% között van. Ebből nyilvánvalóan következik, hogy egy meghatározott mennyiségű anyagot szalagokkal sokkal kisebb energiabefektetéssel lehet mozgatni, mint gépjárművekkel, így nyilván a szállítás költsége is kisebb. A jelenlegi energiaárak mellett mindenképp érdemes odafigyelni a fogyasztásra, mivel hatalmas kiadások lehetnek elkerülhetők. Ráadásul az elektromos energia hazánkban jóval olcsóbb, mint a fosszilis üzemanyagok.

Nagymértékű standardizáltság. A szállítószalagok eleve sokkal kevesebb fajta alkatrészből állnak, mint egy szállítójármű, és az alkatrészeik (görgők, szalag, vázszerkezet) mind sorozat- vagy akár tömeg gyártottak, olcsón előállíthatóak, és könnyen szervizelhetők. Szállítószalagos termelésnél vannak meghatározott szalagszélességek, meghatározott görgők, meghatározott hajtódobok, vázak. A dömperek ennél sokkal bonyolultabb szerkezetek, sok egyedi alkatrésszel, mivel alapból sem tömegtermékek. Javításuk is bonyolult, sokszor szakszervizt igényel, és ha esetleg alkatrészt kell rendelni, az nem csak sokkal drágább lesz, de a kiszállítás heteket igénybe vehet, ezzel nagymértékű kieső bevételt termelve. Szalagoknál fel lehet készülni üzemzavarra, néhány fajta alkatrész raktáron tartásával szinte akármilyen üzemzavart egy-két napon belül el lehet hárítani.

Üzembiztonság. A megfelelően megtervezett, és védelemmel ellátott szalagok szakmai tapasztalat alapján üzembiztosabbnak bizonyulnak, mint a szállítójárművek. Roppant egyszerű kialakításuk révén könnyen tervezhető egy robusztus szerkezetű, strapabíró szalagrendszer, míg a dömperek bonyolultságuk miatt is kevésbé üzembiztosak, egyszerűen több dolog romolhat el bennük. Ezen kívül egy szállítószalagos anyagszállításnál kisebb erők lépnek fel, mint egy dömper hajtásában. Ezt a pontot árnyalja viszont, hogy míg ha egy dömper ki is esik a termelésből, az képes folytatódni vagy flottából egy másikkal, vagy csökkentett anyagárammal. Ha viszont egy szállítószalag üzemképtelen FMIPCC technológiánál, a termelés a javítás idejére áll.

Porterhelés. Egyik hatalmas előnye az általam tervezett FMIPCC rendszernek a másik kettőhöz képest, hogy voltaképpen a törés pillanatától fedett rendszerben megy az anyagáram, és nincsenek szállítóutak, ezzel minimálisra csökkentve a szállóporképződést. Szállítóutak hiányában nincs szükség folyamatos locsolásra a bányában, így a locsolóautót is

tehermentesíteni lehet, és arra fókuszálni, hogy a kamionok útvonalai legyenek karbantartva. Így a bányából kijutó szállóport minimálisra csökkenthetjük, így nemcsak a környezetvédelmi előírásoknak megfelelve, de a környező élővilágra is a lehető legkevesebb negatív hatást kifejtve. Mivel ilyen rendszernél a szalagátadások a legfőbb szállóporképző helyek, ezek minimalizálásával is nagymértékben csökkenthető a bánya kiporzásának mértéke. (H. Abbaspour és C. Drebenstedt, 2018)

Zajterhelés. A porterheléshez hasomlóan a zajterhelés is FMIPCC rendszereknél a legkisebb. A dömperek rakodása is hatalmas zajhatással jár, a nagymennyiségű anyag bedöntőbunkerbe való döntése, és a bányán kívül helyet kapó előtörés pedig még hangosabb lehet. Azzal, hogy közvetlenül egy adagolótálcára rakodik a kotró, egyrészt egyszerre kisebb mennyiségű kőzetet mozgat, másrészt kevésbé magasról ejti mint dömperrakodásnál, szinte mindig a már az adagolóban lévő kőzetre. Ideális esetben csak a műszak elején kellene egy-két kanál anyagot közvetlenül az adagolótálcára rakni, de ez nyilván nem elvárható. Viszont gumi kopólemezekkel tovább lehet csökkenteni a feladás zajhatását. Így minden erősebb zaj a bányában jelentkezik, a feldolgozás legelején, ahonnan nehezebben is jut ki, mint bármely másik helyről, de eleve kisebb hanghatások is keletkeznek.

CO_2, SO_2, NO_X kibocsátás. Az FMIPCC rendszerek bányagázok tekintetében is első helyen állnak, mivel a szinte teljesen elektromos termeléssel helyileg szinte elhanyagolható a kibocsátás értéke, de az erőművi energiatermelés is jobb mutatókat hoz arányaiban, mintha fosszilis üzemanyaggal hajtott gépeket használnánk a helyszínen termelésre. Mivel nincs kibocsátás, nem kell minden gépre drága kipufogógázszűrőket tenni, ami kevesebb veszélyeshulladékot is jelent, és a jelenlegi AdBlue technológia, amivel a kipufogógázok veszélyesanyagtartalmát (leginkább NO_X) igyekeznek lecsökkenteni üzemi tapasztalatok alapján egyáltalán nem megbízható. Ehhez, ha hozzátesszük a jelenlegi földgázár-emelkedés miatti AdBlue készlethiányt (ami nélkül a modern gépek képtelenek termelésbe állni), nem sok indok marad a dízelüzemű gépek használata mellett.

Automatizáció, „digitális bánya”. Mint a Boral Peppertree bányából is látható, a szállítószalagos anyagtovábbítás és a törőgépek kezelése is jelenlegi technológiával teljesen automatizálható. Ezzel egyrészt nagyszámú humán munkaerőt lehet spórolni, mivel nem kell minden géphez egy-egy operátor (mint járműves szállításnál), csak egy diszpécser, aki követi a rendszer működését, és nyilván karbantartók, akik készenlétben kell legyenek. A diszpécser akár lehet a kotrógépkezelő is egy személyben, az automata kezelés lehetővé tenné. További előnye az automata rendszernek, hogy az adatok, amik alapján az automatika irányítja a

rendszert, kinyerhetők és menthetők, ezekből kimutatások készíthetők, de akár egy esetleges üzemzavar esetén is értékes információt nyújthatnak a kivizsgálás során. Ez a fajta megközelítés a „digitális bánya” alapja, ahol minél több információt nyerünk ki a termelésből, hogy ezeket elemezve tovább optimalizáljuk a bányát, illetve minél több változót tudunk kontrollálni.

Munkabiztonság. Mivel egyáltalán nincs dömperforgalom a bánya teljes területén, az elütéses ütközéses balesetek veszélye minimális, a termelésben dolgozók sincsenek ilyennek kitéve. A külsős kamionosoknak is előnyös egy ilyen előtörés, mert az ő szállítóútjaik kialakítására is nagyobb hely marad, ami forgalmas időszakokban nemcsak biztonságosabb, de gyorsabb kiszolgálást is lehetővé tesz. Az előbbiekben taglalt magasszintű por- és zajvédelem is biztonságosabb munkakörnyezetet biztosít, csupán néhány helyen lehet szükséges egyéni védőeszközök használata, de ezeket is automatika irányítja, csak karbantartás, vagy különleges beavatkozások esetén kell veszélyzónákat megközelíteni. A por- és zajvédő burkolatoknak még egy fontos munkavédelmi szerepük van: a törő és a szállítóberendezések mozgóalkatrészeinek nagy részét eltakarják, így azokhoz nem lehet üzem közben hozzányúlni, ami mechanikai és érintésvédelmet is jelent.

Gyors áthelyezés. A Lokotrack - Lokolink FMIPCC rendszer egyik legnagyobb előnye, hogy a két mobilszalag automatán le- és fel tud kapcsolódni az szalagpályák átadó szerkezetére. Így ha új szintet kezd a termelés, már az előző szint befejezése előtt fel lehet állítani a kihordó szalagrendszert, így az átállás tulajdonképpen csak annyi időt vesz el, amennyi alatt a technológia eljut az új szalaghoz. Ezután a termelés újra kezdődhet, ezzel párhuzamosan a régi szalagot el lehet bontani. Ha termelés közben kell új helyre beállni, az pedig a szalagok automatikus mozgásával, elvileg percek alatt megoldható, ha pedig az szalagpálya mentén el kell tolni a feladást, azt is külön munka nélkül, a törő mozgatásával lehet elvégezni.

5.4.2. Hátrányok

Magas tőkebefektetés. A három felsorolt technológia közül az FMIPCC megoldásnak a legdrágább a beszerzése. Az automatizációs rendszerek, Lokolink szalagok, a nagyteljesítményű mobil előtörés mind egyedileg gyártottak, ami jelentősen növeli a beruházási költséget. Ráadásul egy teljesen más kialakítású bánya szükséges egy mobil in-pit rendszer működtetéséhez, ahol egy fő termelőszint van, és szállítóutak helyett a szalagpályának kell kialakítani a megfelelő terepet, ami az üzembe helyezés előtti időben nagyvolumenű földmunkákat jelenthet, nyilván a bánya addigi kialakításától függő mértékben. Ezek a kezdeti hosszabb idő alatti megtérülést eredményeznek, ezért egy olyan bányában, ahol 5-10-15 évre

elegendő anyag van csak, és a tulajdonos nem tudja a mobilrendszert máshol hasznosítani, valószínűleg érdemes inkább egy kevesebb hasznot hozó, de gyorsabban megtérülő előtörési módszert alkalmazni.

Nem flexibilis. Zúzottkövek esetében kiemelten fontos szerepe van a kőzetminőség állandó értékeken tartásának, mivel az aszfaltreceptúrákat, vasúti előírásokat nem tudják változtatni annak alapján, épp milyen kőzetfizikai paraméterekkel rendelkező anyag van a kiszolgáló bányaüzemekben. Ennek egyik legegyszerűbb módja az, ha egyszerre több frontról táplálják a törőt, más minőségű anyagokkal, így „keveréssel" be lehet állítani egy nagyjából állandó értéket. FMIPCC előtöréssel viszont ez nem megoldható, mivel kotróval történő rakodásnál csak az adott robbantás kőanyagát célszerű feladni a technológiára, és szintenként, nagy területeket letermelve érdemes haladni, így erősen ingadozhat a kitermelt kőzet minősége. Ezért mobilrendszerekkel leginkább nagyobb kiterjedésű, homogén kőzettesteket érdemes művelni.

Folyamatos gépészeti ellenőrzés szükségessége a termelési láncon. Ahhoz, hogy egy mobil előtörési rendszer megfelelően, nagy üzemzavarok nélkül tudjon működni, megelőző karbantartásokat kell előtérbe helyezni a hibaelhárítás helyett, mivel ilyen módon vagy tervezett rövidebb leállásokkal, vagy ha van rá lehetőség, üzemidőn kívül lehet ellenőrizni és szervizelni a teljes termelési láncot, ahelyett, hogy valami előre nem látott (de ellenőrzéssel észlelhető) meghibásodást csak nagyobb kieséssel lehessen kijavítani.

Komlón van egy műszak, mikor a bánya nem termel, illetve a hétvégék is szabadok, mivel az előtörésteleve úgy méreteztem, hogy a 10 éves átlagnak megfelelő termelésnél többet tudjon előtörni, heti 5 nap 16 munkaóra alatt. Ez enyhít ezen pont súlyosságán a komlói andezitbányában, de heti 7 nap 24 órában működő kitermeléseknél tervezett leállásokkal kell sajnos számolni.

Üzemi tapasztalat, know-how hiánya. A bányászatban dolgozók egy jelentős része nem gondolkozik el a modern fejlesztések lehetőségein, technológiákra, inkább a régi jól bevált, de sajnos mára elavult megoldásokhoz ragaszkodik. Ezért Magyarországon többek között a mobil előtörésnek sincs igazán kialakult kultúrája, ha újonnan ki akarunk építeni egy ilyen rendszert, sehova nem lehet fordulni tanácsadásért, az üzemnek magának kell kitanulni, kitapasztalni a technológia működtetését. Ez eleinte sok kieséshez, félreértéshez, elkerülhető kiadásokhoz vezethet, ezért nyilván az üzemek óvatosan közelítenek bármilyen merőben új megoldáshoz, senki nem akarja magára vállalni a kísérleti nyúl szerepét.

A bányaszemélyzet teljes átképzésének szükségessége. Az FMIPCC bevezetésével új munkakörök jönnek létre, régiek pedig megszűnnek. Ahelyett, hogy sok, egy fajta feladat elvégzésére képes operátort alkalmazna az üzem, át kell állni kevesebb, de jól képzett, több munkakörben jól teljesítő (kotrógépkezelés, törőgépkezelés, bányabetakarítás, szerviz) dolgozóra, akiknek tisztában kell lenniük a rendszer pontos működésével, ellenőrizni kell tudniuk az automata termelésirányítást, önálló munkavégzésre, döntéshozásra képesnek kell lenniük. Ehhez nyilván sokrétű továbbképzés szükséges, ami egyrész kiadás a bányának, másrészt időben is sok, ami az átállás idejét hosszabbítja. A belsőégésű motorok elhagyásával a kibocsátási adatok jelentősen javulnának, ezzel az üzem karbonlábnyoma csökkenthető, egészségre káros gázok képződése minimalizálható

6. Konklúzió

Az IPCC rendszerek egy teljesen újfajta szemléletet jelentenek a bányászat számára. Ugyan az első in- pit crushing technológia már 1956-ban létrejött Németországban, sokáig nem volt tényleges előnye a sokkal egyszerűbb és flexibilisebb S&T-vel szemben. Az energiaárak változása, környezetvédelem és biztonságtechnika előtérbe helyezése, a lakosság védelme és a technikai fejlődés viszont szükségessé teszi a hagyományos bányászati módszerek létjogosultságának újraértékelését, és esetleg új, egyrészt az előírásoknak könnyedén megfelelő, de ezen kívül fenntartható, biztonságos, és automatizált termelési lehetőségeknek figyelembevételét.

Ez azonban nem azt jelenti, hogy minden kitermelésnek új IPCC technológiákat kell bevezetni, a kitermelt érc/kőzettest, az elektromos energia ára és hozzáférhetősége, és a bánya addigi kialakítása nagyban meghatározza ezen előtörések használati lehetőségeit. Ha például egy ércbányában inhomogén érctestet bányásznak, több szinten folyik a termelés és nincs a közelben nagyteljesítményű villamoshálózat, egy FMIPCC semmiképp, de egy SMIPCC technológia is nehezen állja meg a helyét, olcsóbban és hatékonyabban lehet dömperekkel szállítani.

Komlón, minden lehetséges megoldás előnyeinek és hátrányainak mérlegelése után, az FMIPCC technológiát ajánlanám, több okból is.

A fő feldolgozóüzemre feladott kőzetet ugyan két kotró rakodja, de általában majdnem egy helyről, kevés esetben szükséges a robbantott anyagot keverni. Ez a jövőben még erősebben jelen lesz, ugyanis ahogy egyre mélyebbre megy a termelés, egyre jobb minőségű kőzet van jelen, ezért egyszerűen kialakítható lenne az egyszerre egy szintet művelő termelés. Mivel a

bánya egyre mélyebbre tud terjeszkedni, de az utántörés puffere nem tud elmozdulni, előbb-utóbb mindig megjelenik a felfelé szállítás, ami szállítószalagokkal sokkal gazdaságosabban megoldható, mint szállítójárművekkel.

A bánya kiporzása egy fontos probléma, amit minimálisra lehet csökkenteni egy FMIPCC előtöréssel, illetve a zajterhelés csökkentésével lehetőség nyílhat kockázatmentes éjszakai termelés megszervezésére is, ha a felvevőpiac kívánja.

Nagyteljesítményű elektromos hálózat van kiépítve a bányában, és mivel hazánkban kifejezetten olcsó az elektromos energia, ezzel jóval gazdaságosabb is az anyagmozgatás, mint dízelüzemű gépekkel. A kibocsátási előírások miatt egyáltalán nem üzembiztos dízelhajtásokat szinte teljesen ki lehet váltani hálózatról működtetett elektromos hajtásokkal, így ezek gyenge pontját, az akkumulátorokat nem szükséges alkalmazni.

A bányabeli forgalom elhagyásával az egész üzemi közlekedés biztonságosabb lesz, és kevesebb alkalmazottal is el lehet érni ugyanakkora, vagy akár nagyobb termelést. De minden előny közül a környezeti terhelést minimalizáló faktorokat tartom a legfontosabbnak.

Nem csak a bányászatban, de minden ipari tevékenységben el kell gondolkozni azon, hogy a Földet minél kevésbé szennyezve és kihasználva lehessen termelni, fejlődni, így nem csak a jeleni, de a jövő generációinak is élhető és kényelmes környezetet teremthessünk.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Tompa Richárdnak, hogy munkájával és tanácsaival segítette a dolgozatom létrejöttét. Külön köszönet Sütő Róbert bányaüzem-vezetőnek, akinél 18 hétig gyakornokoskodhattam, ezzel a komlói andezitbányáról helyismeretet, a bányavezetéstől és a dolgozóktól pedig hatalmas mennyiségű üzemi tapasztalatot kaphattam. Miattuk jutottam el a gondolatig, amiből a TDK munkám született. Köszönöm a hosszú és tanulságos beszélgetéseket a komlói andezitbányáról Pozsár Sándornak és Bertaldó Imrének, akik önzetlenül igyekezték átadni sok éves tudásukat és tapasztalatukat. Végül pedig szeretném megköszönni édesapámnak, Kaufmann Tibornak a folyamatos támogatást és tanácsokat.

Irodalomjegyzék

H. ABBASPOUR ÉS C. DREBESNTEDT, 2019: IPCC systems as a bulk material handling method in mines: a review regarding the technical, economic, environmental, safety and social factors. A „VIII. International Symposium of Young Researchers TRANSPORT PROBLEMS" c. konferencián megtartott előadás, Katowice, 2019. június 24-25. (ResearchGate)

H. ABBASPOUR ÉS C. DREBENSTEDT 2018: Environmental comparison of different transportation systems (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines by system dynamics modelling. A „27° International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection c. konferencián megtartott előadás, Santiago, Chile 2018. (ResearchGate)

BOBÁLY J. ÉS FEKETE L.: A komlói kőbánya fejlődése (kézirat) 1-10.

I.K. DZAKPATA, 2020: Time Utilisation Modelling of Fully Mobile In-Pit Crushing and Conveying Systems 2-80.

M.R.T. MOHAMMADI ÉS TÁRSAI (2011): Review of the in-pit crushing and conveying (IPCC) system and its case study in copper industry 2-7.

R.J. THOMPSON (2005): Surface Strip Coal Mining Handbook, Johannesburg: South African Colliery Managers Association (SACMA).

AGG-NET.COM 2021: Sandvik processing plant for Boral's Peppertree quarry: https://www.agg-net.com/resources/articles/site-reports/sandvik-processing-plant-for-borals-peppertree-quarry letöltés dátuma: 2021.10.24.

AGGBUSINESS.COM, 2014: Boral achieves in-pit crushing solution with design collaboration https://www.aggbusiness.com/feature/boral-achieves-pit-crushing-solution-design-collaboration letöltés dátuma: 2021.10.23.

KALÁCSKA-NAGY D. ÉS NAGY M. (MAGYAREPITOK.HU), 2020: Kőfeldolgozás terén újított a STRABAG https://magyarepitok.hu/iparagi-hirek/2020/12/kofeldolgozas-teren-ujitott-a-strabag- letöltés időpontja: 2021.10.23.

MOGROUP.COM, 2016: Deliveing a step change in operating costs: https://www.mogroup.com/insights/blog/mining-and-metals/delivering-a-step-change-in-operating-costs/, 2016 szeptember 19., letöltés dátuma: 2021.10.26.

PROCESSONLINE.COM, 2013: Boral's peppertree quarry achieves an industry-leading mobile crushing solution https://www.processonline.com.au/content/materials-handling-

logistics/article/boral-39-s-peppertree-quarry-achieves-an-industry-leading-mobile-crushing-solution-787901322, letöltés időpontja: 2021.10.23.

FLSMIDTH.COM, 2020: IPCC can mean sustainable mine operations and low enviromental footprint: https://www.flsmidth.com/en-gb/discover/mining-2020/ipcc-can-mean-sustainable-mine-operations-and-low-environmental-footprint letöltés időpontja: 2021.10.27.

MOGROUP.COM, 2021: FIT™ Stations https://www.mogroup.com/portfolio/fit/, letöltés időpontja: 2021.10.23

MOGROUP.COM, 2021: Metso Outotec Nordberg® C series™ jaw crushers https://www.mogroup.com/portfolio/nordberg-c-series/ letöltés dátuma: 2021.09.28.

ROCKPROCESSING.SANDVIK, 2021: Sandvik Stationary Jaw Crushers: https://www.rockprocessing.sandvik/en/products/stationary-crushers-and-screens/stationary-jaw-crushers/ letöltés dátuma: 2021.09.28.

FLSMIDTH.COM, 2021: FLSmidth TST Jaw Crusher: https://www.flsmidth.com/en-gb/products/crushing-and-sizing/tst-jaw-crusher letöltés dátuma: 2021.09.28.

MOGROUP.COM, 2021: Metso Outotec In-pit crushing and conveying systems (IPCC): https://www.mogroup.com/portfolio/in-pit-crush-and-convey-ipcc/ letöltés dátuma: 2021.10.23.

MOGROUP.COM, 2021: Metso Outotec Lokolink conveyors: https://www.mogroup.com/portfolio/lokolink/ letöltés dátuma: 2021.10.28.

MOGROUP.COM, 2021: Lokotrack® Urban™ Series mobile jaw crushers: https://www.mogroup.com/portfolio/lokotrack-urban-series/

GOOGLE TÉRKÉP, 2021: https://www.google.com/maps/ letöltés dátuma: 2021.10.23.