

Erlend Blindheim Hole

# Strategisk dagbruddsplanlegging av en industrimineralforekomst

Direkte blokkplanlegging av kalksteinforekomsten i Tromsdalen, Verdal kommune

Masteroppgave i Tekniske Geofag

Veileder: Steinar Løve Ellefmo

Medveileder: Hakan Basirir

Juni 2022



Erlend Blindheim Hole

# **Strategisk dagbruddsplanlegging av en industrimineralforekomst**

Direkte blokkplanlegging av kalksteinforekomsten i Tromsdalen, Verdal kommune

Masteroppgave i Tekniske Geofag  
Veileder: Steinar Løve Ellefmo  
Medveileder: Hakan Basirir  
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for geovitenskap og petroleum



Kunnskap for en bedre verden





## MASTEROPPGAVEN

<i>Kandidatens navn</i>	Erlend Blindheim Hole
<i>Oppgavens tittel</i>	Strategisk dagbruddsplanlegging av en industrimineralforekomst - Direkte blokkplanlegging av kalksteinforekomsten i Tromsdalen, Verdal kommune
<i>Veiledere</i>	Steinar Løve Ellefmo, Hakan Basarir
<i>Samarbeidspartner, bedrift:</i>	Verdalskalk AS v/ Håkon Mork, Juan Rojan Ruiz og Arnt Martin Storli

### *Utfyllende tekst*

Kandidaten skal teste strategisk (langsiktig) dagbruddsplanlegging med direkte tidsplanlegging av blokker (direct block scheduling) basert på den geologiske blokkmodellen til Verdalskalk AS. Resultatet skal inkludere en periodisering / tidsplanlegging av uttaket av blokkene.

Som et ledd i arbeidet skal det utvikles en økonomisk blokkmodell basert på realistisk informasjon om kostnader og produktpriser. Det må redegjøres for valg og antagelser i utviklingen av den økonomiske blokkmodellen.

Det skal søkes å definere og utnytte gruvenes brede produktspekter. Det skal tas hensyn til produktene varierende prisstruktur og kvalitetskrav i utviklingen av dagbruddsplanen. Varigheten på planen skal vurderes og begrunnes. Mulighetene for å styre produksjon til predefinerte områder og ekskludere uttak fra andre områder i gitte perioder av bruddplanen skal utforskes og testes.

I arbeidet skal kandidaten bruke programvaren MiningMath. Egnetheten til programvaren anvendt på industrimineralgruver skal illustreres med eksempler. Fordeler og ulemper skal diskuteres.

<i>Studieretning</i>	Mineralproduksjon og teknisk ressursgeologi
<i>Hovedprofil</i>	Mineralproduksjon
<i>Tidsrom</i>	15.01.2022 til 25.06.2022

Steinar L. Ellefmo, professor og hovedveileder



## **Forord**

Denne oppgavene er skrevet på Instituttet for Geovitenskap og Petroleum, NTNU, Trondheim.

Jeg vil gjerne takke Mamma og Pappa som ga meg mye støtte under skrivingen.

Som hovedveileder vil jeg også gi en varm applaus til Steinar Ellefmo LøWe.

Jeg må også takke alle medstudenter som var med meg på reisen

Den største takken går til fakultetet som sponset Ping-Pong bort i kjelleren og Eirik som aldri sa nei.

Jeg vil også urette en takk til Verdalskalk som tok meg imot med utstrakte armer, spesielt Juan Ruiz som kjørte meg frem og tilbake mellom Airbnb og Verdalskalk Tromsdalen.





## Sammendrag

Målet med denne oppgaven er å lage en 50-årig langsiktig dagbruddsplan i en industrimineralforekomst i Tromsdalen. Dagbruddsplanen lages ved å bruke direkte blokkplanlegging med programmet Miningmath. Gruveplanen må forholde seg til driftskrav fra reguleringsplanen for dagbruddet i Tromsdalen, samt verdiene til gruveselskapet Verdalskalk AS. Derfor undersøkes det om det er mulig å kontrollere den direkte blokkplanleggeren Miningmath for å overholde alle operasjonelle hensyn mens Miningmath selv prøver å maksimere netto nåverdi.

Studiet inkluderer også opprettelse av en økonomisk blokkmodell fra Verdalskalk AS egen blokkmodell. Blokkmodellen er designet for å være så realistisk som mulig, samtidig som den holder destinasjonene lave for høyere effektivitet i Miningmath. Dette er fordi Miningmath bruker en rekke relaksasjoner og kan endre eller fjerne begrensninger i et forsøk på å få en gjennomførbar løsning.

Mange modeller er laget for å skape ett erfaringsgrunnlag med å bruke Miningmath på forekomsten, og for validering av de mange restriksjonene implementert i dagbruddsplanen. Produksjonen i hver modell er svært sporadisk og i de fleste modeller vil noen få års produksjon utgjøre majoriteten av av produksjonen i de langsiktige planene. Produksjonen i disse årene overstiger grovt den maksimalt tillatte produksjonen i det året den ble produsert. Imidlertid er den kumulative produksjonen mindre enn den teoretiske maksimale tonnasje som er tillatt i løpet av planens levetid.

Ved å legge til flere begrensninger og falske destinasjoner kulminerer problemene med utvinningen av hele forekomsten, og overskrider til og med den maksimale tonnasje som er tillatt i løpet av planens levetid, og er kun begrenset av overflatefiler.

Konklusjonen er at ingen av modellene laget av Miningmath er gjennomførbare i Tromsdalen forekomsten, og den direkte blokkplanleggingsteknologien trenger å modnes, eller skape en ny løsning for optimalisering av industrimineralgruver. Likevel er alle verktøyene som trengs for presis kontroll over dagbruddsplanen i Miningmath. Verktøyene er enten dårlig implementert ellers er det Miningmath som ikke er optimalisert til industrimineralgruver.



## Abstract

The objective of this thesis is to create a 50 year long-term open-pit mineplan in an industrial mineral deposit in Tromsdalen. The mineplan is created using direct block scheduling with the programme Miningmath. The mineplan has to adhere to operational demands from the zoning plan of the open pit in Tromsdalen, as well as the interest of the mining company Verdalskalk AS. Therefore the it was studied whether one could control the direct block scheduler Miningmath to comply to all the operational constraints while Mininmath itself is trying to maximize the net present value.

The study also includes the creation of an economic blockmodel from Verdalskalk AS own blockmodel. The blockmodel is designed to be as realistic as possible, while keeping the destinations low for operationnal efficiency in Miningmath. This is because Miningmath employs a variety of relaxations and can modify of remove restrictions in an effort to get a feasible solution.

Many models are created to create experience in using Miningmath on the deposit, and for validation of the numerous restrictions implemented in the Mineplan. The production in each model is very sporadic and in most models a few years of production wil account for the large majority production in the long-term plan. The production in these years far exceeds the maximum allowed production in the year it was produced. However the cumulative production is less than the theoretical maximum tonnage allowed over the life of the plan.

The errors in the models culminate with the extraction of the entire deposit, as more restrictions are added, or the use of fake destinations is implemented. This time exceeding even the maximum tonnage allowed over the life of the plan, and is only restrictet by surface files.

The conclusion is that none of the models created in Miningmath is feasable to use in the Tromsdalen deposit, and the direct blockscheduling technology need to mature, or create an new solution for optimizing industrial mines. However the tools for precise control of the open-pit mineplan is in the Miningmath package, it just is not implemented well or Miningmath is just not optimized for industrial deposits.



## Ordliste

- **Direkte blokkplanlegging(DBP):**  
Oversatt fra Direct Block Scheduling; er en teknologi som er et alternativ til den stegvise på lerch-grossman metodikken. Målsetningen til direkte blokkplanlegger er å utvikle ferdig brudd og tidsplan samtidig, mens den optimerer netto-nåverdi.
- **Miksing:**  
Oversatt fra blending, ett vanlig uttrykk for blanding av blokker for å oppnå minimumkravet ved å blande en blokk med høy kvalitet med en som har lavere kvalitet, som kan øke gevinst og utnyttelse.
- **Destinasjon:**  
En destinasjon er en betegnelse på hvor en blokk blir sendt, med tilhørende prosesser som må gjennomføres for at blokken skal havne på destinasjonen.
- **Underdelte blokkmodeller:**  
Oversatt fra Sub-blocked models, er en blokkmodell der blokkene kan være delt opp der overflater krysser blokken. Som resultat kan en underdelt blokkmodell ha varierende blokkstørrelse i blokkmodellen.
- **Nøstede dagbrudd/Uttaksetappe:**  
Nøstede dagbrudd og Uttaksetappe er oversatt fra “nested pitshells” og “pushbacks”. Nøstede groper er en sekvens av bruddutviklinger som vokser følge av gunstig variasjon i økonomiske parametre. Uttaksetapper er en sekvens av bruddutviklinger basert på de nøstede gropene og brukt videre i bruddplanleggingen.
- **Gehalt grenser:**  
Oversatt fra cutoff-grade. Gehaltgrenser er minimumsgehalten nødvendig for at en malm kan bli økonomisk utvinnet. Materiale under gehaltgrensen er klassifisert som avfall og materiale over gehaltgrensen er klassifisert som malm.



# Innhold

<b>Forord</b>	<b>III</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>Ordliste</b>	<b>IX</b>
<b>Figurer</b>	<b>XV</b>
<b>Tabeller</b>	<b>XVI</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2 Bakgrunn</b>	<b>2</b>
2.1 Verdalskalk . . . . .	2
2.2 Geologi . . . . .	2
2.3 Operasjonelle hensyn . . . . .	3
<b>3 Teori</b>	<b>4</b>
3.1 Tradisjonell gruveplanlegging . . . . .	4
3.2 Direkte blokkplanlegging . . . . .	5
3.3 Estimerte og simulerte blokkmodeller . . . . .	8
3.4 Tidligere arbeid med direkte blokkplanlegging . . . . .	9
<b>4 Materiell</b>	<b>11</b>
4.1 Materiell fra Verdalskalk AS: . . . . .	11
<b>5 Metode</b>	<b>13</b>
5.1 Økonomisk blokkmodellering . . . . .	13
5.1.1 Eksportering av blokkmodell fra Surpac . . . . .	13
5.1.2 Topografi og dimensjoner . . . . .	13
5.1.3 Definisjon av områder . . . . .	14
5.1.4 Økonomiske destinasjoner . . . . .	17
5.2 Overflatefiler . . . . .	20
5.3 MiningMath . . . . .	23
5.3.1 General . . . . .	23
5.3.2 Destinations . . . . .	24
5.3.3 Production . . . . .	25
5.3.4 Geometric . . . . .	26
5.3.5 Average . . . . .	26
5.3.6 Sum . . . . .	26
<b>6 Resultat</b>	<b>29</b>
6.1 Økonomisk blokkmodellering . . . . .	29
6.2 Miningmath . . . . .	34
6.3 E1 og E1-alene . . . . .	34
6.3.1 E1 og E1-alt . . . . .	34
6.3.2 E1-alene . . . . .	38

6.4	E2 og E2-alene . . . . .	40
6.4.1	E2 . . . . .	40
6.4.2	E2-alene . . . . .	42
6.5	E1-restrict . . . . .	44
6.6	E2-restrict . . . . .	46
6.7	E1-restrict/force . . . . .	48
6.8	E2-restrict/force . . . . .	50
6.8.1	E2-restrict.alt . . . . .	52
6.9	E3 . . . . .	54
6.10	E3-prodlim . . . . .	56
6.11	E3-Fri . . . . .	56
6.12	Felles trekk . . . . .	58
<b>7</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>59</b>
7.1	Økonomisk blokkmodellering . . . . .	59
7.1.1	Eksport og import av blokkmodell . . . . .	59
7.1.2	Økonomiske parametre . . . . .	59
7.2	Parametre valgt . . . . .	59
7.3	Direkte blokkplanlegging med Miningmath . . . . .	60
7.3.1	E1, E1-alt og E2 . . . . .	60
7.3.2	E1-alene og E2-alene . . . . .	60
7.3.3	E1-restrict og E2-restrict . . . . .	61
7.3.4	E1-restrict/force, E2-restrict/force og E2-res.alt . . . . .	61
7.3.5	E3 og variasjoner . . . . .	61
7.3.6	'Hakkete drift' og total produksjon . . . . .	62
7.4	Utvinningsgrad og kontroll . . . . .	63
7.5	Direkte blokkplanlegging på industrimineralforekomst . . . . .	64
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>Referanseliste</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>I</b>
10.1	Kjemisk innhold for destinasjoner . . . . .	I



## Figurer

2.1	Ortofoto som viser planområdet og tilgrensende områder. Avgrensning av planområdet er illustrert med hvit stiplet linje. Multiconsult og Mork 2017	2
3.1	Figur av en blokkmodell	4
3.2	Utvikling av dagbruddsplanlegging Songolo (2010)	5
3.3	Prioritetsrekkefølge for begrensninger i Miningmath Mima (2022)	7
3.4	Resultat fra Burgarelli mfl. (2018)	10
5.1	Dimensjonene av blokkmodellen ovenfor reguleringsplankart	14
5.2	Figur med definerte områder i Tromsdalen Multiconsult og Mork 2017	15
5.3	Inndeling av områder med geologiske modeller	16
5.4	Blokkmodell(gul) som brukes til å lage overflate-filer	20
5.5	Restrict-A_an1 over reguleringsplanbilde	21
5.6	Restrict-ABC_an2 over reguleringsplanbilde	22
5.7	Force over reguleringsplanbilde	23
5.8	Flytdiagram av mellomlagring funksjonaliteten.	24
5.9	Rekkefølgen på utførelse av modeller	27
6.1	a, Den økonomiske blokkmodellen sett ovenifra. b, Kvaliteter sett ovenifra kote 100	29
6.2	Boks-plot av % innhold $Al_2O_3$ i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	30
6.3	Boks-plot av % innhold $Fe_2O_3$ i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	31
6.4	Boks-plot av % innhold CaO i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	31
6.5	Boks-plot av % innhold MnO i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	32
6.6	Boks-plot av % innhold $SiO_2$ i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	32
6.7	Boks-plot av % innhold $SiO_3$ i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde	33
6.8	Modell E1 sett ovenifra	34
6.9	E1 tversnitt A-A'	35
6.10	E1 tversnitt B-B'	35
6.11	Total produksjon for E1	35
6.12	E1, rapport for Pure destinasjonen	36
6.13	E1, rapport for Standard destinasjonen	37
6.14	E1-alt, rapport for Pure destinasjonen	38
6.15	Modell E1-alene sett ovenifra	38
6.16	E1-alene tversnitt A-A'	39
6.17	E1-alene tversnitt B-B'	39
6.18	Total produksjon for E1	39
6.19	Modell E2 sett ovenifra	40
6.20	E2 tversnitt A-A'	40
6.21	E2 tversnitt B-B'	41
6.22	Total produksjon for E2	41
6.23	Sekvens for uttak i E2 sett fra tversnitt B-B'	41

6.24	Modell E2 sett ovenifra . . . . .	42
6.25	E2-alene tversnitt A-A' . . . . .	42
6.26	E2-alene tversnitt B-B' . . . . .	43
6.27	Total produksjon for E2-alene . . . . .	43
6.28	Sekvens for uttak i E2-alene B-B' . . . . .	43
6.29	Modell E1-restrict sett ovenifra . . . . .	44
6.30	E1-restrict tversnitt A-A' . . . . .	44
6.31	E1-restrict tversnitt B-B' . . . . .	44
6.32	Total produksjon for E1-restrict . . . . .	45
6.33	Modell E2-restrict sett ovenifra . . . . .	46
6.34	E2-restrict tversnitt A-A' . . . . .	46
6.35	E2-restrict tversnitt B-B' . . . . .	47
6.36	Total produksjon for E2-restrict . . . . .	47
6.37	Modell E1-restrict/force sett ovenifra . . . . .	48
6.38	E1-restrict/force tversnitt A-A' . . . . .	48
6.39	E1-restrict/force tversnitt B-B' . . . . .	48
6.40	Total produksjon for E1-restrict/force . . . . .	49
6.41	Modell E2-restrict/force sett ovenifra . . . . .	50
6.42	E2-restrict/force tversnitt A-A' . . . . .	50
6.43	E2-restrict/force tversnitt B-B' . . . . .	50
6.44	Total produksjon for E1-restrict/force . . . . .	51
6.45	Modell E2-restrict.alt sett ovenifra . . . . .	52
6.46	E2-restrict.alt tversnitt A-A' . . . . .	52
6.47	E2-restrict.alt tversnitt B-B' . . . . .	53
6.48	Total produksjon for E2-restrict.alt . . . . .	53
6.49	Modell E3 sett onvenifra . . . . .	54
6.50	E3 tversnitt A-A' . . . . .	54
6.51	E3 tversnitt B-B' . . . . .	55
6.52	Total produksjon for E3 . . . . .	55
6.53	Total produksjon for E3-Prodlim . . . . .	56
6.54	Modell E3-noavg sett onvenifra . . . . .	57
6.55	E3-noavg tversnitt A-A' . . . . .	57
6.56	E3-noavg tversnitt B-B' . . . . .	57
6.57	Total produksjon for E3-noavg . . . . .	58
10.1	E1-alene, rapport for Pure destinasjonen . . . . .	I
10.2	E1-alene, rapport for Standard destinasjonen . . . . .	II
10.3	E2, rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	III
10.4	E2, rapport for Standard2 destinasjonen . . . . .	IV
10.5	E2-alene, rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	V
10.6	E2-alene, rapport for Standard2 destinasjonen . . . . .	VI
10.7	E1-restrict, rapport for Pure destinasjonen . . . . .	VII
10.8	E1-restrict, rapport for Standard destinasjonen . . . . .	VIII
10.9	E1-restrict/force, rapport for Pure destinasjonen . . . . .	IX
10.10	E1-restrict/force, rapport for Standard destinasjonen . . . . .	X
10.11	E2-restrict/force, rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	XI
10.12	E2-restrict/force, rapport for Standard2 destinasjonen . . . . .	XII
10.13	E2-restrict.alt, rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	XIII
10.14	E2-restrict.alt, rapport for Standard2 destinasjonen . . . . .	XIV

10.15E3 rapport for Standard destinasjonen . . . . .	XV
10.16E3, rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	XVI
10.17E3, rapport for Standard2 destinasjonen . . . . .	XVII
10.18E3-noavg rapport for Pure destinasjonen . . . . .	XVIII
10.19E3-noavg rapport for Standard destinasjonenn . . . . .	XIX
10.20E3-noavg rapport for Pure2 destinasjonen . . . . .	XX
10.21E3-noavg rapport for Standard2 destinasjonenn . . . . .	XXI
10.22Total produksjon for E3-restrict.alt . . . . .	XXII
10.23Total produksjon for E3-res.alt-miks . . . . .	XXII
10.24Total produksjon for E3-res.alt-miks-bw . . . . .	XXIII

## Tabeller

2.1	Kalksteintyper Lang, Aasly og Ellefmo 2018Lang, Aleksandra et.al (2018)	3
2.2	Produktkrav, gitt av Ruiz, J	3
4.1	Data i blokkmodell fra Verdalskalk	11
4.2	Produksjonsprognose Ruiz (2022) og Johansen (2022)	12
5.1	Variabler i Leapfrog Geo Edge	17
5.2	Kalkulasjoner i Leapfrog Geo Edge	18
5.3	Overflatefiler eksportkrav	21
5.4	Parametre valgt i MiningMath - Generell fane	24
5.5	Parametre valgt i MiningMath - Generell fane	24
5.6	Oppsett for modeller - Produksjon fane	25
5.7	Oppsett for prodlim modellen - Produksjon fane	25
6.1	Fargekoder	29
6.2	Resultat av re-blokkingen	30

# 1 Innledning

Gruveplanlegging er tradisjonelt gjennomført med en stegvis prosess som innebærer å finne den endelige bruddet med Lerch og Grossman (1965). Etter det endelige bruddet er funnet blir nøstede dagbrudd og uttaksekvenser generert, og til slutt blir uttaksekvensene planlagt med gehaltavgrensninger.

Direkte blokkplanlegging er ett alternativ til denne stegvise prosessen som først ble fremmet av T. B. Johnson (1968). Direkte blokkplanlegging utfører gruveplanleggingen i et steg og definerer endelig brudd og gruveplan samtidig. Direkte blokkplanlegging sin store fordel er at tidsvariabelen er med i dette steget, som gjør at diskontering av blokker skjer kontinuerlig under gruveplanleggingen.

Denne oppgaven er basert på langsiktig dagbruddsplanlegging av Verdalskalk AS sin forekomst av kalkstein i Tromsdalen med direkte blokkplanlegging. Dagbruddsplanen skal reflektere en bærekraftig utvikling av dagbruddet, og respektere operasjonell begrensninger i dagbruddet. Den direkte boligplanleggingen er gjort av det direkte blokkplanleggings-programmet Miningmath.

Det skal også lages en økonomisk blokkmodell basert på Verdalskalk AS sin blokkmodell. Den økonomiske blokkmodellen skal representere realistiske kostnader og priser.

Mål forfatter skal utføre

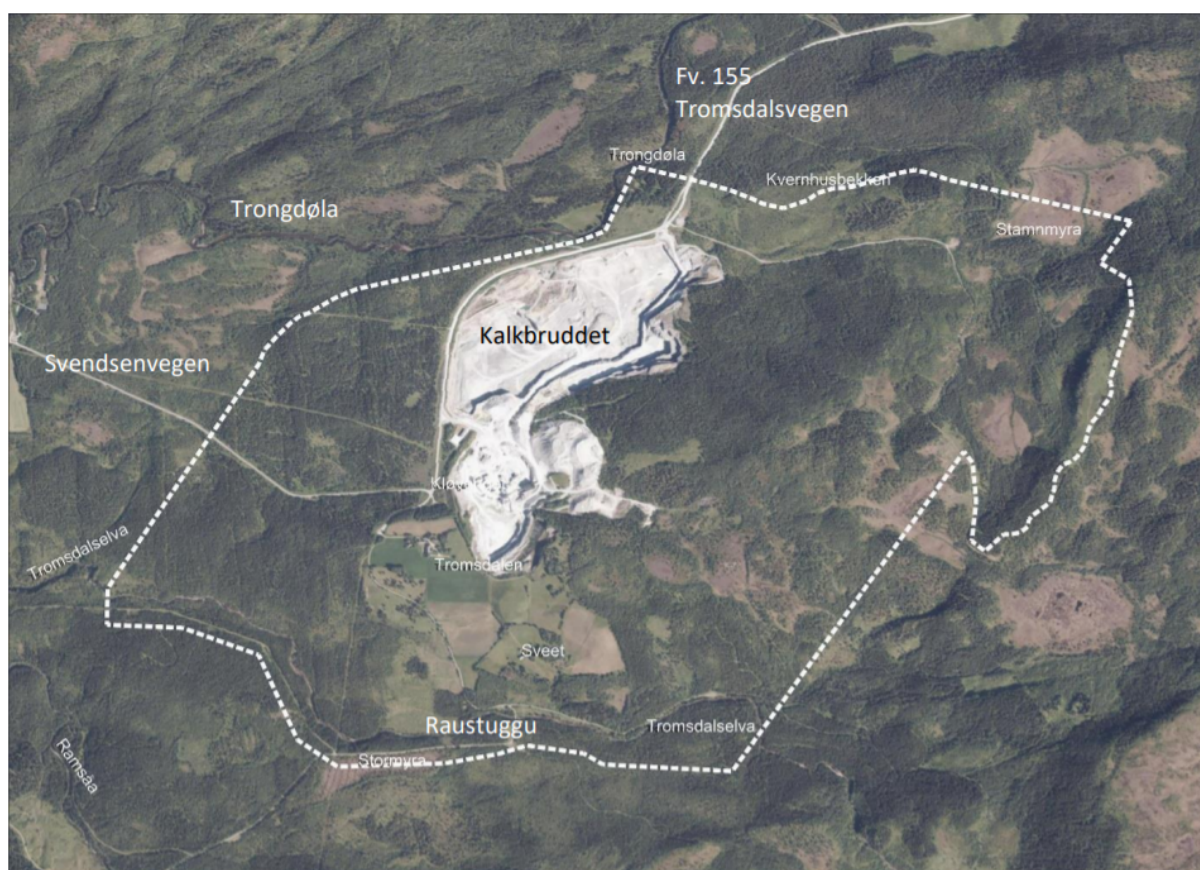
- Oppbygning av en realistisk blokkmodell for videre bruk i Miningmath.
- Finne alle begrensninger gitt av reguleringsplanen til kalkbruddet i Tromsdalen, og om det er mulig implementere de på en effektivt måte i den langsiktige gruveplanen.
- Undersøke om det er hensiktsmessig å bruke direkte blokkplanlegging-program basert på maksimering av NNV, i et dagbruddbrudd der maksimering av utnyttelse og bærekraft er viktigere.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Verdalskalk

Verdalskalk AS er en bedrift i Verdal kommune som produserer kalkstein på en forekomst i Tromsdalen, Verdal. Verdalskalk AS er delt i tre anlegg; Tromsdalen (dagbrudd), Verdal havn (havnetjenester) og Hylla som er ett anlegg som foredler kalksteinen fra Tromsdalen til brentkalk og hydratkalk. Størrelsen av kalkstein forekomsten i Tromsdalen er anslått være 7,5 milliarder tonn hvorav 3 milliarder tonn er utnyttbart. På grunn av renheten og størrelsen av forekomsten regnes den som en av Europas viktigste karbonatforekomster og høy utnyttelse av forekomsten er viktig for Verdalskalk AS, som planlegger å drive i Tromsdalen i mange tiår fremover.

Fig. 2.1 viser dagens dagbruddutbredelse og avgrensningen av planområdet som er satt i Detaljreguleringsplanen for Tromsdalen kalkbrudd Multiconsult og Mork (2017).



**Figur 2.1:** Ortofotogram som viser planområdet og tilgrensede områder. Avgrensning av planområdet er illustrert med hvit stiplert linje. Multiconsult og Mork 2017 Multiconsult og Mork, Håkon (2019)

### 2.2 Geologi

Tromsdalen forekomst har en fall og fallretning på 35-50° sørøst, og er avgrenset av fyllitt i nordvest og grønnstein i sørøst. Variasjoner i fall forekommer som følge av foldninger i berg-

massen, og fører til variabel geokjemi i forekomsten Pedersen (2014). For å oppnå selektiv drift og den nødvendige informasjonen for å mikse kvaliteter, blir prøver tatt kontinuerlig for hver salve. Verdalskalk AS definerer kvaliteter og kalksteintyper basert på kjemiske innhold i kalksteinen, de kjemiske parametrene brukt er;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  og  $\text{SiO}_2$ . Inndelingen av kalksteintyper er basert på kjemisk data og visuelle kjennetegn vist i 2.1. Produktene som blir solgt er bare basert på kjemiske data vist i tab.2.2, og er navngitt pure, standard og cement etter formål og renheten til produktet.

**Tabell 2.1:** Kalksteintyper Lang, Aasly og Ellefmo 2018Lang, Aleksandra et.al (2018)

Type	Navn	Kvalitetskrav		
		CaO(wt%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	SiO <sub>2</sub> (wt%)
K1	Lysegrå ren marmor	>54,5	<0,06	<0,5
K2	Mørkegrå ren marmor	>54,5	<0,06	<0,5
K3	Mørkegrå uren marmor	>50,0	<0,12	Ingen kvalitetskrav gitt
K4	Lysgrå uren marmor	>50,0	<0,12	renheten til forekomsten
K5	Sort ren marmor	>54,5	<0,06	<0,5
K6	Hvit uren marmor	>54,5	<0,06	<0,5

Produktet pure(K1, K2, K5) er brukt til foredling av brentkalk og hydratkalk, der forurensing kan forårsake problemer med ovnen er viktig. Produktet standard, som er en blanding av ren og uren marmor(K2, K3) brukes til andre formål, men kan foredles til brentkalk ved bruk av en annen ovn med høyere toleranser for forurensing. Produktet cement som består av uren marmor brukes til sement produksjon. Lang, Aasly og Ellefmo (2018).

**Tabell 2.2:** Produktkrav, gitt av Ruiz, J

Produkt	Kvalitetskrav wt%					
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub>	S <sub>03</sub>
Pure	<0.2	>54.5	<0.06	<0.005	<0.5	<0.08
Standard	<0.5	>54	<0.12	<0.005	<0.7	<0.16
Cement		<50				

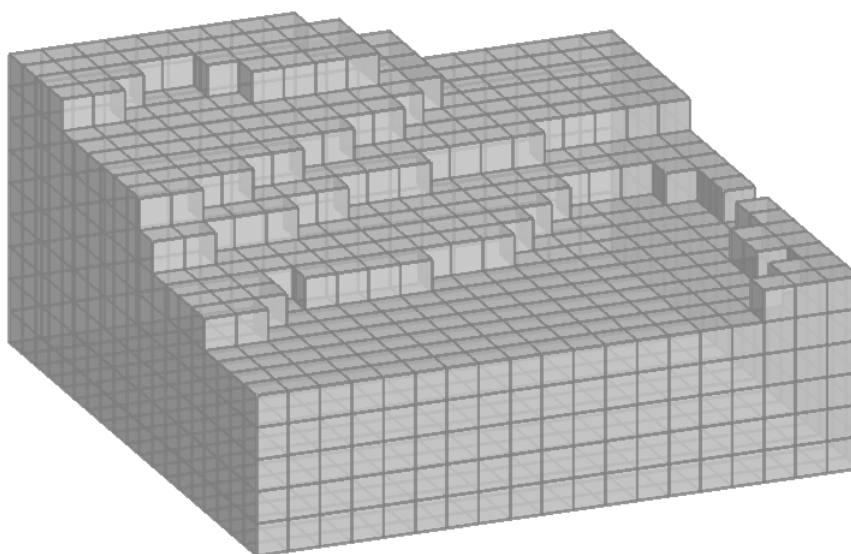
## 2.3 Operasjonelle hensyn

Dagbruddsutviklingen av Verdalskalk AS Tromsdalen styres av andre hensyn enn utelukken- de økonomi. Miljø og bærekraft er i stort fokus hos Verdalskalk AS og i lokalsamfunnet. Som konsekvens er det mange utbedringer som må bli gjennomført ved visse intervaller i levetiden til dagbruddet. Dette inkluderer voller, veiutbygging, utgraving av kulturminner, vann- behandling og utbedring av trafikkproblemer utløst av transport ned til havnen. Mange av disse punktene kommer som føringer i detaljreguleringsplanen Tromsdalen kalkbrudd Mul- ticonsult og Mork (2017). Valg og implementering av føringene blir forklart videre i metode.

## 3 Teori

### 3.1 Tradisjonell gruveplanlegging

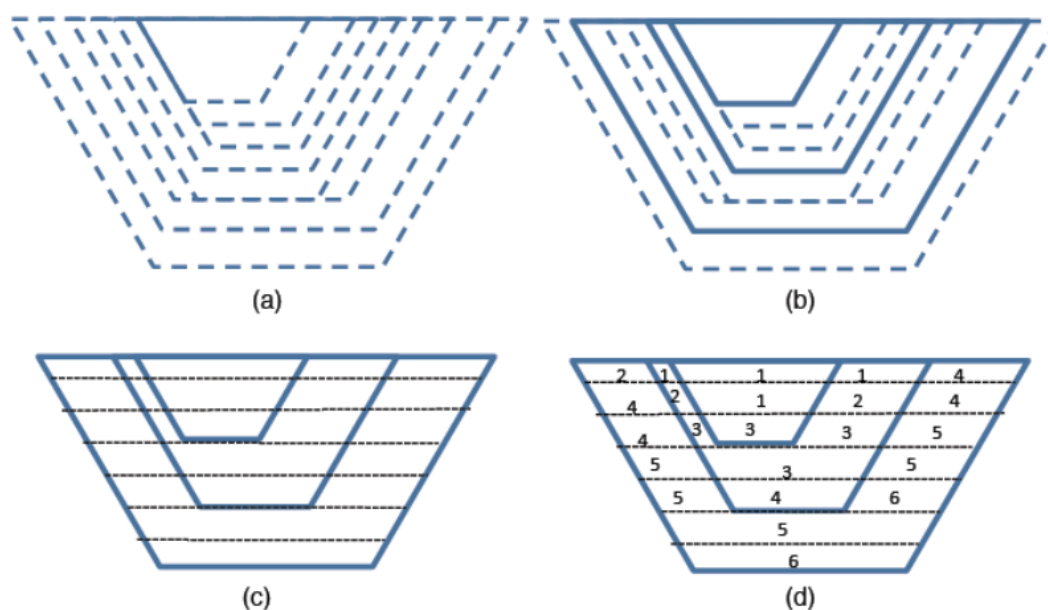
De fleste gruveplaner begynner med dannelsen av en geologisk blokkmodell. Den geologiske blokkmodellen er dannet ved å dele opp forekomsten inn i 3-dimensjonale blokker med lik størrelse, se fig. 3.1. Etter inndelingen blir blokkene tilegnet geologiske karakterstikker ved å bruke tilgjengelige estimasjonsteknikker. De økonomiske parametrene av hver blokk blir kalkulert utifra finansielle og metallurgiske data. Når de økonomiske parametrene er kjent, blir endelig bruddgrense funnet Osanloo, Gholamnejad og Karimi (2008). Den endelige bruddgrensen er en grense som representerer dagbruddet ved slutten av levetiden for forekomsten, og beskriver den optimale sluttgrensen for maksimering av udiskontert verdi.



**Figur 3.1:** Figur av en blokkmodell

Innenfor det endelige bruddet blir forekomsten delt inn i nøstede dagbrudd fra det minste mulige bruddet med høyest verdi per tonn til det endelige bruddet. Metoden for å lage nøstede brudd i eksisterende software pakker for er basert på marginalanalyse av variabler som pris, kostnader og gehaltgrenser. Ved å variere disse parametrene fra ikke-gunstige til gunstige forhold, blir nøstede dagbrudd av forskjellige størrelser dannet. Den minste av dagbruddene inneholder den mest verdifulle malmen, etterfulgt av gradvis større brudd med mindre verdifullt materiale. Et sett av uttaksetapper blir valgt av de nøstede dagbruddene for videre planlegging. De enkleste tilfellene blir hver av uttaksetappene drevet fra øverste pall til nederste pall før den neste uttaksetappe blir initiert. De fleste tilfeller er dette ikke optimalt for maksimering av netto nåverdi (NNV) For eksempel er det hensiktsmessig for industrimineralforekomster å drive på flere stuffer for å optimalisere ressursutnyttelsen gjennom miksing av kvaliteter. *Driftsplanveiledere, Direktoratet for Mineralforvaltning* (2021). Dagbruddsplanlegging software har derfor implementert muligheter for drift av flere uttaksetapper samtidig, som gjør planlegging mer fleksibel. Dagdelen (2006). Denne metodikken er vist i fig. 3.2. Nøstede dagbrudd blir generert innenfor endelig brudd i (a), og uttaksetapper blir valgt i (b) og (c). I (d) blir pallhøyder valgt og uttaksekvensen innenfor uttaksetappene blir valgt.





**Figur 3.2:** Utvikling av dagbruddsplanlegging Songolo (2010)

Gruveplanlegging er vanligvis inndelt i tre kategorier; strategisk/langsiktig, korttids og operasjonell. Denne oppgaven har fokus på strategisk-dagbruddsplanlegging, og målet for strategisk dagbruddsplanlegging er å finne den optimale utvinnings sekvensen på en stor skala som maksimerer NNV i henhold til flere tekniske og økonomiske begrensninger. Dette innebærer definisjonen det endelige bruddet og uttaksetapper innefor det endelige bruddet Osanloo, Gholamnejad og Karimi (2008). Lengden av en strategisk gruveplan er definert forskjellig utifra forfatter. T. B. Johnson (1968) definerer strategisk dagbruddsplanlegging som arbeidet mot en plan som definerer det endelige bruddet. Dvs., den definer utforming av et brudd ved slutten av levetiden for forekomsten. Osanloo, Gholamnejad og Karimi (2008) derimot definerer tidsrommet en strategisk gruveplan skal inneholde som 20-30 år. Gruveplanlegging er i mange aspekter påvirket av tidsavhengige variabler, og der er derfor vanskelig å planlegge med god nøyaktighet over lengre perioder.

En god definisjon av korttidsplaner er gitt av T. B. Johnson (1968) "Korttids planer er en sekvens av utvinningsplaner fra det originale forholdet til forekomsten frem til det endelige bruddet." Spesifikt inkluderer korttids dagbruddsplanlegging en mer detaljert planlegging av individuelle uttaksetapper på 1-5år. Dette inkluderer inndelingen av uttaksetappen inn i områder eller paller Barr 2022.

Operasjonelle planer er planene som brukes av nåtidens operasjon og faller innenfor rammene av den siste korttidsplanen. Operasjonelle planer er vanligvis på lengden av et år, delt inn i måneder, uker eller dager. Disse planene kan være veldig detaljerte og kan inneholde planlegging av salver, miksing av blokker, daglig produksjon og arbeidskraft.

### 3.2 Direkte blokkplanlegging

Tradisjonell dagbruddplanlegging er en stegvis prosess oppsummert i tre steg; Definisjonen av endelig brudd, definisjonen av uttaksetapper og til slutt planleggingen av de individuelle uttaksetappene. Disse stegene er utført uavhengige av hverandre, og for å maksimere NNV

i et prosjekt må gjennomføres iterativt. Problemet med denne stegvise metodikken er best beskrevet av en parafrasering fra Whittle (1998)

“Endelig brudd med høyest verdi kan ikke være definert før blokkverdiene er kjent. Blokkverdiene kan ikke være kjent før utvinningssekvensen er definert; og utvinningssekvensen kan ikke være definert uten at endelig brudd er tilgjengelig.”

Direkte blokkplanlegging var først foreslått av T. B. Johnson (1968), hvor han utviklet en metode med mål om å forbedre den tradisjonelle metodikken med iterative prosesser, og som kan utføres uten konseptet gehaltgrenser basert på marignalanalyse. Johnson gjorde dette ved å bruke en matematisk modell basert på ‘Mixed-integer programming’ som definerte om en blokk skulle bli utvunnet, når den skulle bli utvunnet og hvilken destinasjon blokken skulle ha. Modellen innlemmer også tid, som betyr at alle avgjørelser gjort i en periode er tatt med tanke på implikasjonene for andre avgjørelser. Videre gjør tidsaspektet av modellen det mulig å bruke diskonteringsrenten kontinuerlig gjennom periodene, som gjør at blokkverdien er mer nøyaktig representert. Gehaltgrensene som blir brukt til å lage nøstede dagbrudd blir også dynamisk når tid blir innlemmet. Campos, Arroyo Ortiz og Morales Varela (2018)

Direkte blokkplanlegging har etter Johnson vært studert i mange år, og over årene har flere forfattere utviklet Johnson sin algoritme og modifisert den med egne ideer. Algoritmen som blir brukt til å utføre modelleringen av dagbruddene i denne oppgaven er utviklet av Miningmath. Algoritmen er basert på Johnson sitt arbeid, med inspirasjon fra Dagdelen og T. Johnson (1986), som introduserte en algoritme for dagbruddplanlegging basert på lagrange relaksasjoner, Ramazan (2008) som diskuterer verdien av stokastiske løsninger på blokkmodeller, og Chicoisne mfl. (2012) som bruker heuristikk til å minke tiden nødvendig for modellering med lineær programmering av store blokkmodeller.

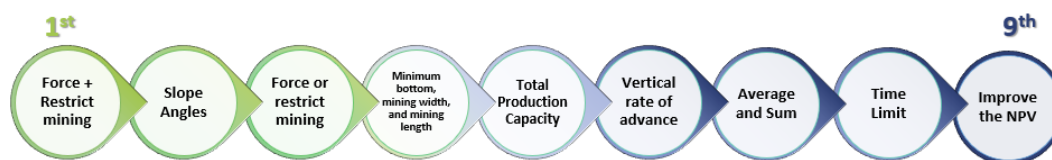
Målet til Miningmath sin algoritme er å definere endelig brudd og dagbruddsplanen samtidig. Dvs., definere dagbruddets sluttform og finne den optimale destinasjonen og tidpunkt for uttak for hver blokk, og samtidig respektere produksjonskapasitet, bruddvinkel, diskonteringsrente, og andre egendefinerte begrensninger satt av brukeren.

Imotsetning til tradisjonell dagbruddsplanlegging, trenger ikke Miningmath sin algoritme forhåndsdefinerte destinasjoner for blokkene, derfor har hver blokk alle økonomiske verdier som er tilknyttet til utnyttelsen av blokken i alle destinasjonene. I modelleringen bestemmer algoritmen destinasjonen for å maksimere NNV samtidig som begrensninger satt av bruker blir overholdt. Gehaltgrenser innenfor uttaksetapper blir derfor unødvendig å definere, og for hver periode kan den gjennomsnittlige gehalten tolkes som den ‘optimale gehaltavgrensningen’ som resultat av modelleringen *MiningMath’s Knowledge Base - Theory Behind* (2022).

For mange tilfeller av dagbruddplanlegging, forekommer det flere operasjonelle begrensninger og økonomiske begrensninger. Begrensningene har varierende kompleksitet, og kan føre til ikke gjennomførbare resultater. Derfor har Miningmath sin algoritme implementert fleksible begrensninger. Når algoritmen resulterer i en ikke gjennomførbar dagbruddplan, vil algoritmen velge en begrensning med lav prioritet og enten fjerne eller modifisere begrensningen. Mima (2022). Under er prioriteringene vist i fig. 3.3.

Dagbruddsplanlegging med Miningmath er mindre tidkrevende enn tradisjonell dagbrudds-

planlegging, men krever likevel ekspertise for å optimalisere resultatene. En modellering med for mange begrensninger vil gi resultater med dårlig NNV. En modellering med for mye frihet kan gi ugjennomførbare resultater. Det er anbefalt å implementere begrensninger en etter en og basert på ett erfaringsgrunnlag finne den beste løsningen. Miningmath (2022a)



**Figur 3.3:** Prioritetsrekkefølge for begrensninger i Miningmath Mima (2022)

Algoritmen til Miningmath er forenklet til tre steg Miningmath (2022b):

### 1. Innledende vurdering

Det første steget består av avgrensning av problemet, områder som ikke har verdi for prosjektet blir fjernet fra videre optimalisering. Resultatet fra den innledende vurderingen blir et område av interesse som er vurdert utifra bruddvinkel og verdi.

### 2. Linearisering og optimering

Det ikke lineære heltalls problemet er approksimert til et lineært problem basert på overflater. Problemet blir optimalisert av algoritmen, basert på verdien til blokkene og straffer som kommer av brudd på begrensninger.

### 3. Heltall, ikke lineær løsning og evaluering

Steg tre er å konvertere den lineære løsningen tilbake til et ikke lineært heltalls problem. Etter konversjonen blir løsningen evaluert, og leder til endelig løsning eller en ny optimaliseringsprosess. En ny optimaliseringsprosess blir utløst av to situasjoner.

- Transformasjonen gjort i starten av steg tre, eller at problemet ikke er gjennomførbart, gjør at løsningen overtredet begrensninger.
- Evalueringen av den ikke lineære løsningen viser at begrensninger satt i steg to ikke påvirker løsningen, og begrensningene kan modifiseres eller fjernes.

Hvis den første situasjonen oppstår blir løsningen sendt tilbake til steg to for å øke gjennomførbareheten, som oppnås ved å relaksere begrensninger i henhold til prioriteringsrekkefølgen satt i fig. 3.3.

Hvis den andre situasjonen oppstår, blir løsningen sendt tilbake til steg to for å øke NNV.

### 3.3 Estimerte og simulerte blokkmodeller

Definering av romlig variasjon og form av gehalt i forekomster er veldig viktig for alle stadiene av gruveplanlegging, og realisme i modellering av gehalter etterstrebes.

Geostatistikk har vært brukt i mange tiår som metode for å estimere forekomster for de fleste gruver. Den mest brukte metoden for å estimere forekomster i industrien, er ved bruk av kriging. Kriging bruker variogrammer for å finne korrelasjoner mellom observasjoner, og når en matematiske funksjon har blitt funnet som passer observasjonene blir punkter mellom observasjonene estimert.

Kriging har blitt utviklet for å gi den minste variasjonen mulig i et lineært estimat, og er gir derfor en glatt estimasjon av forekomster. Dette gjør at virkelige forhold i forekomster har en høyere variasjon enn krigede modeller tilsier. Armstrong (1998)

Simulerte blokkmodeller introduserer stokastiske variabler inn i blokkmodellen, og gir et mer realistisk bilde av romlig variasjon i forekomster. Simulerte modeller inneholder mer usikkerhet i utviklingen av et prosjekt og kan derfor brukes til risk-analyser. Egaña og Ortiz (2013).

Hovedforskjellene mellom simulerte og estimerte blokkmodeller er variasjonen. Begge modellene har samme gjennomsnittlig verdi, men varians for estimerte modeller er lavere enn realistiske forhold. Derfor er lokale variasjoner bedre beskrevet i simulerte modeller, men nøyaktigheten til parametrene er mindre enn estimasjonsmodeller. Eivazy (2016)

Carvalho mfl. (2018) viser en korrelasjon mellom romlig variasjon i forekomsten og gruveplanlegging. DBP teknologi er mer ompitmert på simulerte modeller, på grunn av en mer selektiv blokkplanlegger som kan ta nytte av lokale variasjoner i blokkkvalitet.

### 3.4 Tidligere arbeid med direkte blokkplanlegging

Tidligere arbeid med direkte blokkplanlegging er generelt utført på forekomster av metalliske malmer, enten som forskning på nye metoder med bruken av direkte blokkplanlegging eller som en sammenlikning mellom DBP og tradisjonell metodikk.

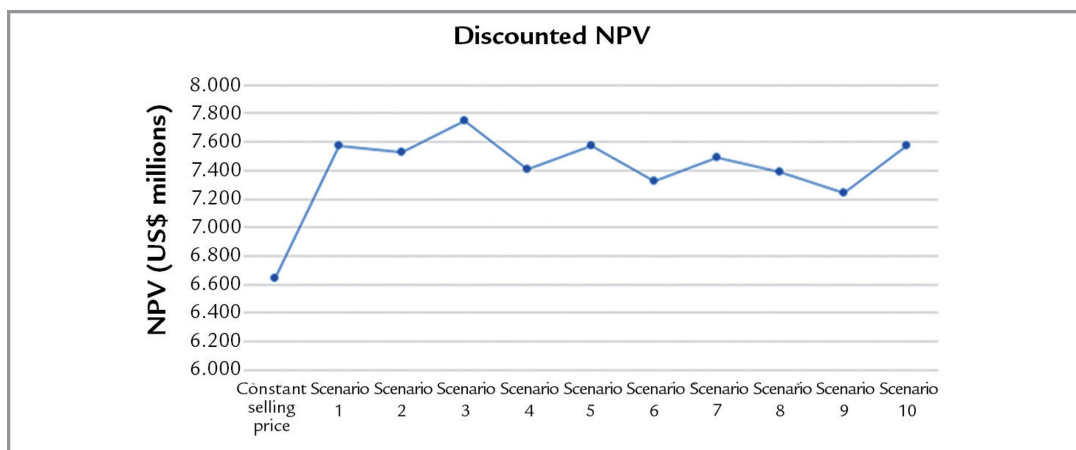
- Campos, Arroyo Ortiz og Morales Varela (2018)  
Et dagbrudd på jernmalm ble planlagt med tradisjonelle verktøy, direkte blokkplanlegging og en blanding av begge metodene. Dagbruddsplanene som ble laget er korttidsplaner på 5 år, ettersom forfatterne beskriver DBP algoritmen de bruker som manglende med hensyn på operasjonelle hensyn som kan føre til ugjennomførbare langsiktige dagbruddsplaner. Den langsiktige gruveplanen ble derfor gjennomført ble gjort med tradisjonelle metoder, og korttidsplanleggingen ble utført etterpå. Målet med artikkelen er å utnytte fordelene ved DBP med stabiliteten til den tradisjonelle metoden.

Konklusjonene til artikkelen ble at DBP planleggeren økte NNV med 10.57%, men på bekostning av en ugjennomførbar gruveplan. Ved bruk av begge metodikkene i samme modell, økte NNV med 0.43% i sammenlikning med den tradisjonelle metoden uten bekostning på gjennomførbarheten.

- Morales mfl. (2015)  
Artikkelen inneholder en sammenlikning mellom tradisjonell metodikk og DBP basert på tre blokkmodeller. En syntetisk modell gitt av Miningmath, en koppergruve og en gullgruve.

Artikkelen konkluderer med at NNV for hver av modelleringene er relativt like, men arbeidet som er nødvendig for modellering med tradisjonell metodikk krever mer ekspertise og tid. Med mer komplekse modeller blir denne forskjellen større.

- Burgarelli mfl. (2018)  
Målet med artikkelen er å finne sammenhengen mellom markeds-usikkerhet og dagbruddsplanlegging gjennom bruk av simulerte variabler i den økonomiske blokkmodellen. Analysen blir gjennomført i to steg; Først blir DBP brukt på en deterministisk blokkmodell for å finne tiden hver blokk blir utvunnet. Det andre steget blir gjennomført med DBP på resultatet av første blokkmodell, med rekalkulerte simulerte blokkverdier. Resultatet fra artikkelen er vist i fig. 3.4



**Figur 3.4:** Resultat fra Burgarelli mfl. (2018)

Konklusjonen av artikkelen er at NNV øker med en simulert verdi i motsetning til en deterministisk modell. I forsøket ble de simulerte prisene lavere i de siste periodene, og modellen kjørt på de simulerte prisene kapitaliserte på denne variasjonene ved å utvinne høyverdi blokker tidligere enn den deterministiske modellen.

## 4 Materiell

I dette kapittelet kan leseren finne materialet brukt i oppgaven. Alt av materialet er brukt til utforming av den økonomiske blokkmodellen og utførelsen av gruveplanleggingen.

### 4.1 Materiell fra Verdalskalk AS:

- Estimert blokkmodell av kalksteinforekomsten i Tromsdalen, i .mdl format

**Tabell 4.1:** Data i blokkmodell fra Verdalskalk

kategori		Åpen
Størrelse	Min-max dx	12.5-800
	Antall blokker	1 002 647
	Min-max dy	12.5-800
	Min-max dz	2.5-160
Kjemiske data	Kjemisk innhold av Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> i %	
	Kjemisk innhold av Cao i %	
	Kjemisk innhold av Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> i %	
	Kjemisk innhold av MnO i %	
	Kjemisk innhold av SiO <sub>3</sub> i %	
	Kjemisk innhold av SiO <sub>2</sub> i %	

- Topografiske kart  
Topografisk kart ble gitt som str. fil. Det topografiske kartet ble opprettet 09.05.2022.
- Grensekart  
Grensekart med alle reguleringsgrenser og eiendomsgrenser i reguleringsområdet. Gitt som str. fil og ble opprettet 06.04.2022.
- Økonomisk data  
Økonomisk data gitt av Verdalskalk AS og består av
  - Excel ark med kostnader i Tromsdalen dagbrudd, fra jan-2020 til april-2022. Arket inneholder volum gjennom grovknuser, tonnkostnad, personalkostnad, øvrige kostnader, uforutsette kostnader og kapitalkostnader.
  - Excel ark med hjelpestoffkostnader i Tromsdalen dagbrudd fra jan-2020 til april-2022 inkludert dielselkostnader.
  - Aksjonærpriser fra første halvår 2022. Dokumentet inneholder prisene til produktene Cement, Standard og Pure som solgt fra dagbruddet. Dokumentet har også informasjon om prisene til foredlede produkter. Disse prisene er ikke oppgitt i oppgaven, men verdi fra høyest til lavest er Pure, Standard og Cement.
- Prognoser for totalproduksjon er gitt i tab. 4.2 under.

**Tabell 4.2:** Produksjonsprognose Ruiz (2022) og Johansen (2022)

År	Tonn
2022	1 400 000
2026	1 800 000
2037	3 000 000
2070	5 000 000



## 5 Metode

### 5.1 Økonomisk blokkmodellering

Den økonomiske blokkmodelleringen er gjennomført med Leapfrog Geo og består av flere steg. Det første steget innebærer å eksportere materiellet fra Surpac til formater som kan brukes i Leapfrog. Dette steget vil resultere i en blokkmodell som vil videre bearbeides til den økonomiske blokkmodellen. Etter blokkmodellen er eksportert fra Surpac blir topografi og begrensninger i størrelse implementert for å gjøre den økonomiske blokkmodellen minst mulig for høyest effektivitet i videre modelleringer. Til sist blir de økonomiske destinasjonene lagt til i blokkmodellen.

#### 5.1.1 Eksportering av blokkmodell fra Surpac

Blokkmodellen som ble gitt er i .mdl format og består av underdelte blokker. For at blokkmodellen skal kunne importeres til Miningmath må alle blokkene i blokkmodellen ha like dimensjoner, derfor må blokkene redblokkeres. Dette gjøres i Surpac sin funksjon 'convert/reblock', som inneholder fanene 'Reblocking dimensions' og 'Reblocking attributes'. Under fanen RR-reblocking dimension blir 'Target parent block size' valgt til 15m for alle retninger. I fanen 'Reblocking attributes' blir alle verdiene valgt og kalkulasjonsmetoden satt til gjennomsnittlig. Dette vil gjøre at alle kjemiske data til en ny blokk blir gjennomsnittet av alle blokkene som utgjorde den. Blokkmodellen blir så reblokkert og lagret. Den nye blokkmodellen blir eksportert som CSV med blokkstørrelse satt til brukerdefinert, deretter kan blokkmodellen importeres til Leapfrog.

#### 5.1.2 Topografi og dimensjoner

Topografien er laget i Leapfrog fra det topografiske bruddkartet gitt av Verdalskalk. Bruddkartet var opprinnelig i str-format i Surpac. Bruddkartet ble endret til asc-format og ble deretter importert inn til Leapfrog. Et mesh av punktene ble så dannet ved hjelp av 'new mesh - from points' funksjonen i Leapfrog. Det nye meshet må være større enn modellene meshet skal brukes til. Det nye meshet ble så valgt til å være topografien i prosjektet. Topografien valgt i et prosjekt kan ikke evalueres i en blokkmodell, derfor blir en geologisk modell brukt som mellomledd. Dette gjøres ved å lage en ny geologisk modell som automatisk får en riktig topografi etter forrige steg er gjennomført. Deretter blir den geologiske modellen evaluert av blokkmodellen, slik at verdier fra den geologiske modellen blir tilgjengelig i blokkmodellen. Slik er det mulig å velge vekk blokker som ikke inneholder attributter fra den geologiske modellen og dermed få topografien inn i blokkmodellen.

Topografien blir implementert med ett filter. Filtere blir laget i Leapfrog med 'Calculations and filters', filteret som ble brukt for å definere topografien i blokkmodellen er vist under

$$\text{TOPO} = ([\text{Geo}] = \text{'Inside'}) \text{ and } (103 > [\text{y}i] > 33 \text{ and } 117 > [\text{x}i] > 18 \text{ and } 16 > [\text{z}i])$$

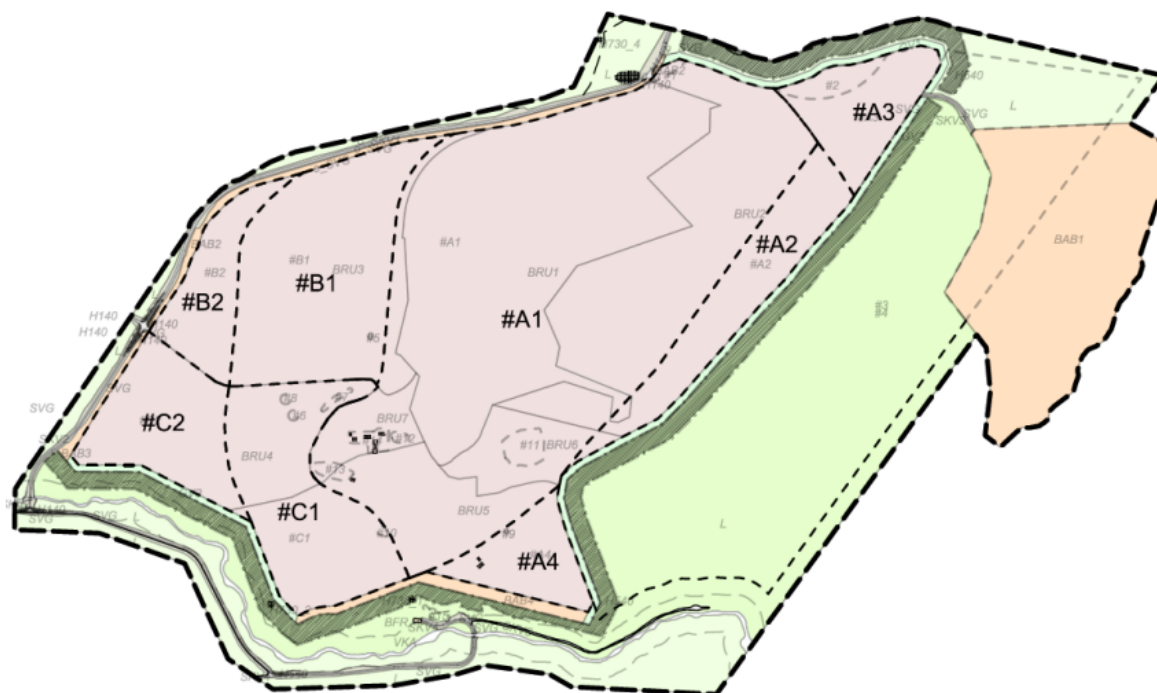
der 'Geo' er en geologisk modell med definert topografi og 'Inside' er navnet på litografien i den geologiske modellen. I tillegg til å definere topografien i blokkmodellen begrenser 'TOPO' også blokkmodellen til å bare inkludere relevante blokker. Blokkene som blir ekskludert av filteret ligger utenfor reguleringsområdet for dagbruddet, og blir ekskludert med hensyn på effektivitet av modelleringen. Valget av hvor eksklusjonen av blokker skulle gå er gjort med bakgrunn i reguleringsplanen se fig. 5.1.



**Figur 5.1:** Dimensjonene av blokkmodellen ovenfor reguleringsplankart

### 5.1.3 Definisjon av områder

Planbeskrivelsen inneholder en rekkefølge for drift og flere begrensninger, og mange er spesifikke for et område. Derfor er det nødvendig å finne en løsning som gjør det mulig å sette en attributt på ett område. Nedenfor er en figur som viser inndelingen av områder av reguleringsplanen, se fig. 5.2.



**Figur 5.2:** Figur med definerte områder i Tromsdalen Multiconsult og Mork 2017

I detaljreguleringsplanen er det mange krav til Verdalskalk Tromsdalen gjennom levetiden av dagbruddet, disse kravene er ofte ikke operasjonelle krav, men krav til investering med hensyn på miljø og infrastruktur. For eksempel; flytting av vei, utgravning av kulturminner, skjerming og etablering av grunnvannstasjoner. I denne oppgaven ser vi bort ifra investeringskostnader, vi tar bare hensyn til krav som virker som operasjonelle begrensninger, som ble funnet til å være optimalt for økonomisk blokkmodellering for DBP i Hole (2021). Alle operasjonelle krav som er forsøkt implementert er oppsummert under.

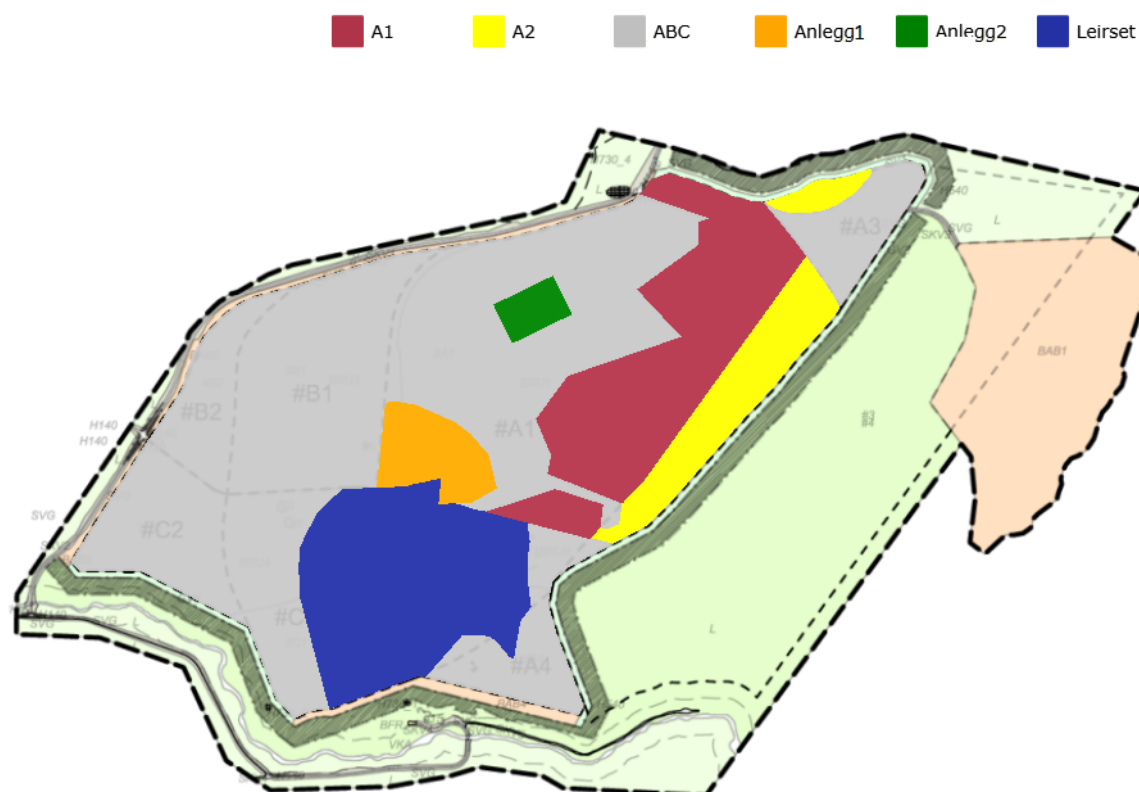
- Bruddet skal åpnes i rekkefølge A, B, C
- Bruddet kan først utvides til område B og C 15 år etter at reguleringsplanen er vedtatt.
- Minimumskote for foretaket er 50moh.
- Minimumskote for #A2 i BRU2 er 211moh
- Minimumskote for #A1 i BRU2 er 178moh
- Det er ikke mulig å drive der anlegget er lokalisert
- Når totalproduksjon overtiger 3 millioner tonn per år, må Verdalskalk finne alternativ løsning til tungtransport med lastebil\*
- Øke produksjon av cement kvalitet\*
- Leirset eiendommen krever uttak på 500kilotonn i året\*

De tre siste begrensningene er ikke ekstrapolert fra detaljreguleringsplanen, men fra sam-

taler med Ruiz (2022). Når totalproduksjonen overstiger 3 millioner tonn per år blir trafikk belastningen for stor på lokalsamfunn, slik at Verdalskalk AS må finne en annen løsning. Foreløpig løsning er utbygging av tunnelsystem ned til havnen med transportbånd for transport. Denne tunnelen er anslått til å ha utløp i Tromsdalen Dagbrudd ved kote 120, der ett nytt anlegg for knusing skal bygges.

Produksjon av cement bør øke som følge av forventet økning i forespørsel. Årsaken til produksjonstallet fra Leirset er at avtalen mellom Verdalskalk AS og Leirset krever det.

For å implementere de operasjonelle begrensningene må områdene som begrensningene gjelder i defineres i blokkmodellen, og for å gjøre det må hver blokk få en attributt som gir informasjon om hvilke områder de tilhører. Det første steget er å avgrense alle områdene med polylinjer, som ble gjort ved å tegne av linjene i fig. 5.2, eller av linjene i grensekartet gitt av Verdalskalk AS. Deretter blir metodikken ved implementering av topografien gjenbrukt, som er å evaluere geologiske modeller i blokkmodellen. For hvert område blir en geologisk modell laget og litologien til hver modell blir navngitt etter området som den skal representere. For hver geologisk modell blir deretter en forkastning laget av polylinjene, med innstillingen "vertical wall" valgt. 'Faults' i 'faults system' må være huket av for at forkastningen skal være aktiv i den geologiske blokkmodellen. Når forkastningene er ferdig prosessert i de geologiske modellene blir det dannet to nye undermodeller, en innenfor forkastningene og den andre utenfor. Den innvendige modellen blir navngitt etter 'området - inside' og settes til evaluering i blokkmodellen. Slik får hver blokk en attributt eller attributter som viser hvilke område de tilhører. i fig. 5.3 er det vist hvordan områdene er delt inn.



Figur 5.3: Inndeling av områder med geologiske modeller

### 5.1.4 Økonomiske destinasjoner

For å ferdigstille den økonomiske blokkmodellen får hver blokk en verdi for hver av destinasjonene. Hver blokk får slik åtte verdier som beskriver verdien i kroner utifra hvilken prosess hver blokk går gjennom. De åtte verdiene er Econpure, Econstandard, Econcement, Econwaste, Econpure2, Econstandard2, Econcement2 og Econwaste2.

Under den økonomiske blokkmodelleringen ble flere variabler og kalkulasjoner brukt. Under i [tab. 5.1] er variablene, i [tab. 5.2] er kalkulasjonene.

**Tabell 5.1:** Variabler i Leapfrog Geo Edge

Variabel	Beskrivelse	verdi
Crusher x	Lokasjon av knuser 1 i x-planet	630907.5
Crusher y	Lokasjon av knuser 1 i y-planet	7068992.5
Crusher z	Lokasjon av knuser 1 i z-planet	212.5
Crusher2 x	Lokasjon av knuser 2 i x-planet	631117.5
Crusher2 y	Lokasjon av knuser 2 i y-planet	7069472.5
Crusher2 z	Lokasjon av knuser 2 i z-planet	120
H-TC tonn/100m	Horisontal transportkostnad/tonn/100m	1 kr
V-TC tonn/100m	Vertikal transportkostnad/tonn/100m	7.7 kr
Transportkostnad1	Kostnad av transport til knuser1	Variabel
Transportkostnad2	Kostnad av transport til knuser2	Variabel
Weigth	Vekt av blokken	2.7 tonn/ $m^3$
Block Volume	Volum av blokken	15m x 15m x 15m
Rev 'Kvalitet'	Salgsfortjeneste av ett tonn Pure, standard, Cement eller waste	Ikke oppgitt
Tonnkostnad	Total utvinningskostnad	Ikke oppgitt

Tabell 5.2: Kalkulasjoner i Leapfrog Geo Edge

Kalkulasjon	Beskrivelse
Elevation to crusher	Vertikal avstand fra blokk til knuser
Distance to crusher	Horisontal avstand fra blokk til knuser
Elevation to crusher2	Vertikal avstand fra blokk til knuser
Distance to crusher2	Horisontal avstand fra blokk til knuser
Econpure	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Pure
Econstandard	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Standard
Econcement	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Cement
Econwaste	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Waste
Econpure2	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Pure2
Econstandard2	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Standard2
Econcement2	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Cement2
Econwaste2	Økonomisk verdi av en blokk i prosess Waste2
Pure tonnage	Vekt av en blokk av pure kvalitet
Standard tonnage	Vekt av en blokk av standard kvalitet
Cement tonnage	Vekt av en blokk av cement kvalitet
Waste tonnage	Vekt av en blokk av waste kvalitet
Leirset tonnage	Vekt av en blokk fra Leirset eiendommen

I tabellene over er det flere variabler som trenger forklaring. Den første er transportkostnadene. Transportkostnadene er basert på dieselkostnader, gjennomsnittlig avstand fra knuser1 i de to siste årene og samtaler med Johansen (2022). Under samtalen ble det funnet at 50% av dieselkostnader brukes på vertikal transport og 50% brukes på horisontal transport. Vertikal og horisontal transportkostnad kan da regnes ut ved å bruke gjennomsnittlig dieselkostnad, tonnproduksjon, horisontal avstand og vertikal avstand. Gjennomsnittlig dieselkostnad per tonn er cirka 10kr, som utifra samtalen tilsier at det er brukt 5kr hver på horisontal og vertikal transport. Gjennomsnittlig horisontal avstand til bruddutviklingen fra knuser1 er på 500 meter og gjennomsnittlig vertikal avstand er på 65m. Horisontal og vertikal transportkostnad per tonn per 100m ble funnet til å være henholdsvis 1 kr og 7.7 kr.

Transportkostnad1 og Transportkostnad2, ble regnet ut ved å gange horisontal og vertikal transportkostnad med 'Elevation to crusher' og 'Distance to crusher' i tab. 5.2. En merknad med 'Elevation to crusher' og 'Elevation to crusher2' er at resultatet disse kalkulasjonene gir er alltid null hvis blokken befinner seg over knuseren, slik at vertikal avstand til en blokk som ligger på en høyere kote ikke gir en negativ kostnad.

Alle kalkulasjonene med prefiks 'Econ-' beskriver en økonomisk destinasjon. For å demonstrere hvordan de økonomiske destinasjonene er kalkulert er det gitt ett eksempel av Econpure under:

$$([\text{Rev Pure}] - [\text{Tonnkostnad}] - [\text{Ttransportkostnad1}]) * [\text{Block Volume}] * [\text{Weigth}]$$

Alle kalkulasjonene med prefiks '- tonnage' er verdier som blir brukt i Sum-fanen i Mining-

math, som forklares senere i metoden. Disse variablene er laget ved filtre i Leapfrog Geo. Filterene er definert ved bruk av kvalitetskravene i tab. 2.2. Kalkulasjonene er deretter laget med If-setninger, som eksempel:

Pure tonnage = (If(Pure): Weigth \* Block volume, Otherwise: 0)

## 5.2 Overflatefiler

For å begrense dagbruddutviklingen i Miningmath er det mulig å bruke overflater som bestemmer volumer det er mulig og ikke mulig å drive. Overflatefilene kan også bestemme hvor Miningmath må drive. Denne funksjonen finnes i “Geometric” fanen i Miningmath og blir utdypet senere.

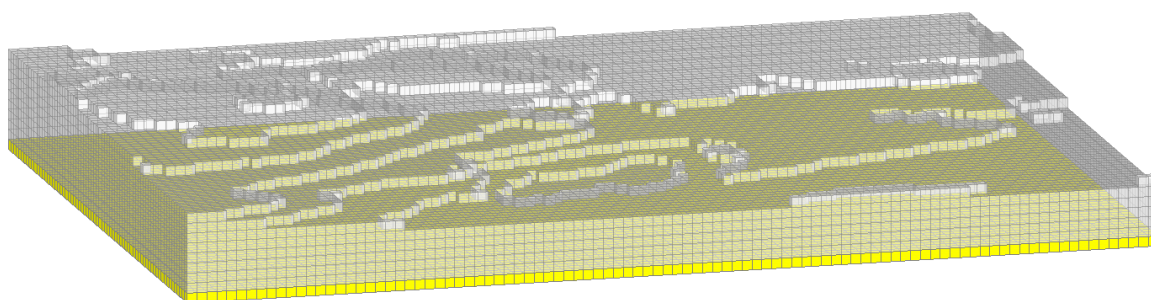
For at overflatefilene skal kunne brukes må flere krav for oppbygning av filen oppfylles. Kravene er oppgitt under.

- Må være i CSV format
- Må være definert som en lag av punkter
- Hver av punktene må sammenfalle med ett sentrum av en blokk i X-Y planet.
- Overflaten skal ha samme størrelse som blokkmodellen
- Kolonneoverskriften må være (X,Y,Z), og tallene under må være sortert i stigende rekkefølge nedover.

Metoden brukt i denne oppgaven starter med å lage ett filter som definerer ett lag av blokker som vil bli brukt til å lage punktene. Filteret heter Z\_bottom, og består av det nederste laget av blokker i den økonomiske blokkmodellen, se fig. 5.4.

Z\_bottom = [zi]=15 and [Topo]

der det zi=15 definerer det laveste laget av blokker i ‘Topo’ og ‘Topo’ er den avgrensede blokkmodellen vist i fig. 5.1. Deretter blir blokkmodellen eksportert som en .csv fil, velg CSV punkter når oppfordret og bruk ‘Z\_bottom’ som spørrefilter under eksportering. Da er de fire første kravene oppfylt.



**Figur 5.4:** Blokkmodell(gul) som brukes til å lage overflate-filer

For at overflaten skal være nyttig til å begrense dagbruddet, må z-dataen være manipulert til å danne den bruddformen som er ønskelig. For å oppnå dette ble det for hver overflatefil eksportert med de relevante attributtene som beskriver området blokken tilhører, som allerede er evaluert i modellen. For dette tilfellet er det laget fire overflatefiler som setter begrensninger i henhold til reguleringsplanen og flytting av anlegget. Se i tab. 5.3 under for hvilke



attributter som ble eksportert med hver overflatefil.

**Tabell 5.3:** Overflatefiler eksportkrav

Overflatefiler	Evalueringer
Restrict-A_an1	A, #A1, #A2, Anlegg1
Restrict-ABC_an2	ABC, #A1, #A2, Anlegg2
Restrict-ABC_alt	ABC, #A1, #A2, Anlegg2
Force	Anlegg2

Etter eksport ble alle filene eksportert til Excel og z-dataene ble manipulert for å ferdigstille overflatefilene. For å oppfylle det siste kravet for dannelsen av overflatefiler, blir hele kolonnen utenom den øverste raden som inneholder (X, Y, Z) sortert etter størrelse.

- Restrict-A\_an1 Restrict-a\_an1 representerer de første 15 årene for drift i Verdalskalk. Områdene B, C og anlegg1 er utilgjengelige. Elevasjonen til de resterende områdene er satt etter reguleringsplanen i alle restrict filene. Multiconsult og Mork (2017). Restrict-A\_an1 er vist i fig. 5.5



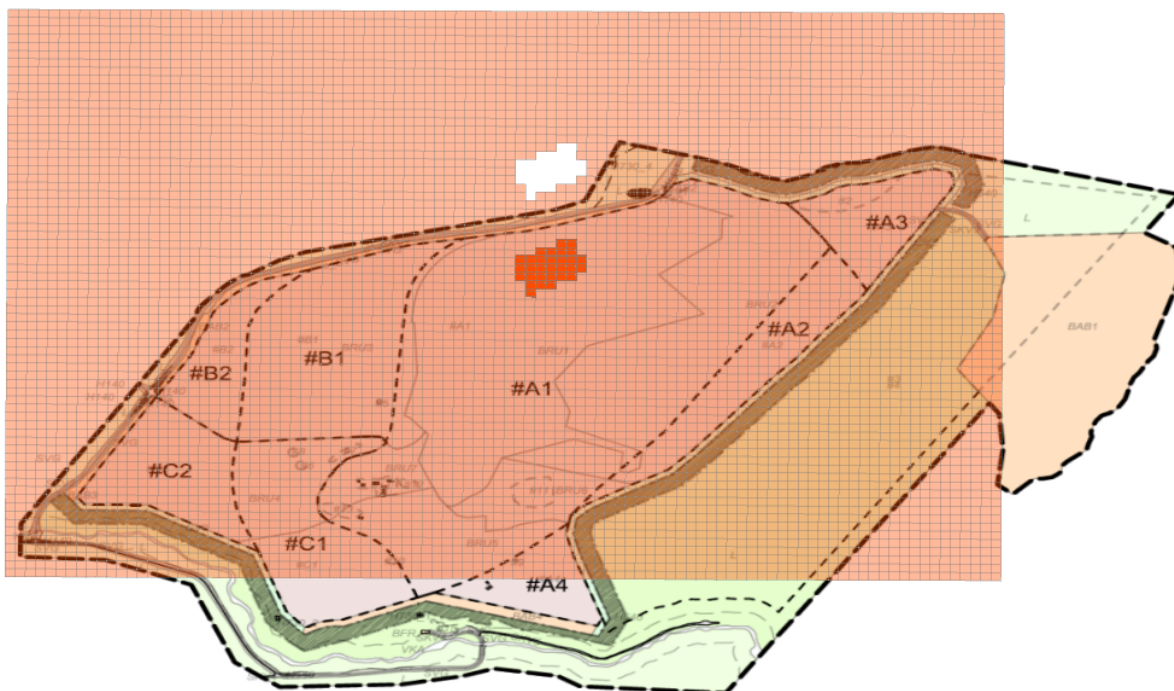
**Figur 5.5:** Restrict-A\_an1 over reguleringsplanbilde

- Restrict-ABC\_an2 Restrict-ABC\_an2 representerer driftsmulighetene for alle årene etter år 15. I denne overflaten er alle områdene tilgjengelige utenom anlegg2 som er utilgjengelig. Restrict-ABC\_an2 er vist i fig. 5.6



**Figur 5.6:** Restrict-ABC\_an2 over reguleringsplanbilde

- Restrict-ABC\_alt Restrict-ABC\_alt representerer det samme som restrict-ABC\_an2, men i denne overflaten er ikke anlegg2 utilgjengelig, men begrenset til kote 120.
- Force Force har en annen hensikt enn restrict filene. Der restrict filer begrenser områder og gir føringer på hvor Miningmath ikke skal drive, tvinger force-overflater Miningmath til å utvinne ett område først. Force ble laget med hensikt å drive området anlegg2 ned til kote 120 før år 15. Force er vist i fig. 5.7



Figur 5.7: Force over reguleringsplanbilde

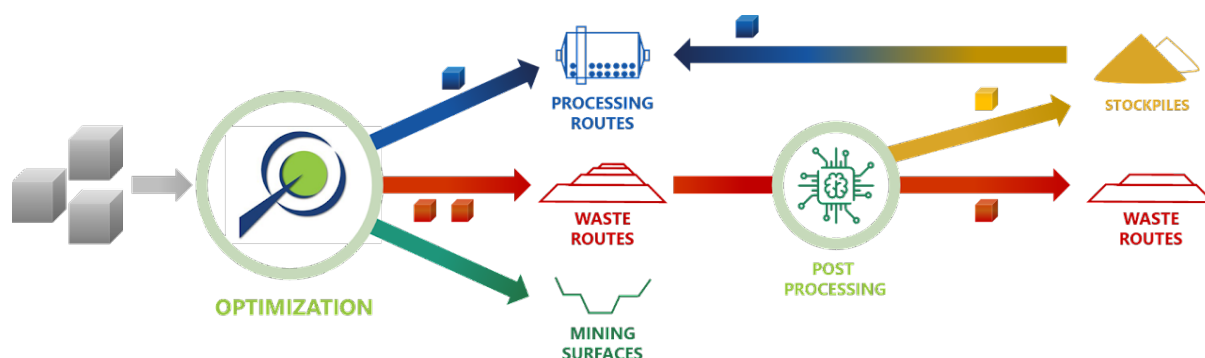
## 5.3 MiningMath

I denne oppgaven er Miningmath brukt til å utføre direkte blokkplanleggingen, og slik danne en langsiktig gruveplan. I dette kapitlet er det beskrevet alle funksjonalitetene til Miningmath og hvordan de er brukt under modelleringen av Tromsdalen kalkforekomst.

### 5.3.1 General

Generel fanen i MiningMath består av 4 parametre.

- Density  
MiningMath tillater brukeren to valg for definisjon av tetthet. Enten ved en blokk til blokk definisjon av blokkmodellen, eller en standard verdi satt i MiningMath.
- Slopeangle  
Oppsettet for bruddvinkel er satt opp likt som for tetthet med valg mellom blokk til blokk definisjon eller en standard verdi. Slik kan MiningMath danne et brudd med varierende lokale bruddvinkler, eller en kontinuerlig bruddvinkel.
- Discount rate  
Diskonteringsrente gir muligheten til å velge diskonteringsrenten i et scenario.
- Stockpiling  
Mellomlagringen i Miningmath er funksjon som kan re-evaluere blokker som er sendt til deponering. Etter deponering kan deponerte blokker bli gjenbrukt i andre destinasjoner ved bruk av miksing. Visualisert under i fig. 5.8.



**Figur 5.8:** Flyttdiagram av mellomlagring funksjonaliteten.

Denne funksjonen er tilrettelagt brudd som produserer mengder med gråberg, men i Tromsdalen forekomsten er det lite gråberg i bruddet, og det er ikke per dato tilrettelagt for avfallsdeponi.

**Tabell 5.4:** Parametre valgt i MiningMath - Generell fane

Kategori	Verdi
Tetthet	2.7t/m <sup>3</sup>
Bruddvinkel	52°
Diskonteringsverdi	10%/år
Mellomlagring	Ikke brukt

### 5.3.2 Destinations

I destinasjon fanen blir alle destinasjonene lagt til og tilhørende utvinningsgrader for kjemisk innhold til hver av rutene. Utvinningsgradene har ingen påvirkning på resultatet, men de danner en rapport om produksjon av de kjemiske variablene. Det er en nyttig rapport som gjør det mulig se at kvalitetsbegrensningene er overholdt av modellen.

**Tabell 5.5:** Parametre valgt i MiningMath - Generell fane

Destinasjon	Type
Pure	Økonomisk verdi
Standard	Økonomisk verdi
Cement	Økonomisk verdi
Waste	Deponi
Pure2	Økonomisk verdi
Standard2	Økonomisk verdi
Cement2	Økonomisk verdi
Waste2	Deponi

### 5.3.3 Production

Produksjonsfanen tillater brukere å sette opp perioder for drift, og produksjonskapasiteter alle destinasjonene i alle periodene.

Oppsettene som er brukt i Miningmath er vist under. Det første oppsettet gjelder for de alle modellene som er kjørt untatt en. Den er laget med hensyn på at Miningmath skal ha frihet til å maksimere NNV. Dette er gjort ved å sette en produksjonslinje lik totalkapasiteten til anlegget og resten av feltene blanke. De blanke feltene er i praksis i likhet med waste-feltene at de er ubegrensede i produksjonskapasitet til produksjonstotalen er nådd for perioden.

Under i tab. 5.6 og tab. 5.7 er de to oppsettene for produksjon brukt i oppgaven vist.

**Tabell 5.6:** Oppsett for modeller - Produksjon fane

Perioder	Produksjonskapasiteter								
Periode(år)	Pure	Standard	Cement	Waste	Pure2	Standard2	Cement2	Waste2	Total
1-3	1 400 000			Unlimited	0	0	0	0	1 400 000
4-6	1 700 000			Unlimited	0	0	0	0	1 700 000
7-9	2 000 000			Unlimited	0	0	0	0	2 000 000
10-12	2 300 000			Unlimited	0	0	0	0	2 300 000
13-15	2 600 000			Unlimited	0	0	0	0	2 600 000
16-20	0	0	0	0	2 900 000			Unlimited	2 900 000
21-25	0	0	0	0	3 400 000			Unlimited	3 400 000
26-30	0	0	0	0	3 900 000			Unlimited	3 900 000
31-40	0	0	0	0	4 400 000			Unlimited	4 400 000
41-50	0	0	0	0	5 400 000			Unlimited	5 400 000

**Tabell 5.7:** Oppsett for prodlim modellen - Produksjon fane

Perioder	Produksjonskapasiteter								
Periode(år)	Pure	Standard	Cement	Waste	Pure2	Standard2	Cement2	Waste2	Total
1-3	400 000	500000	500000	Unlimited	0	0	0	0	1 400 000
4-6	500000	600000	600000	Unlimited	0	0	0	0	1 700 000
7-9	600000	700000	700000	Unlimited	0	0	0	0	2 000 000
10-12	700000	800000	800000	Unlimited	0	0	0	0	2 300 000
13-15	800000	900000	900000	Unlimited	0	0	0	0	2 600 000
16-20	0	0	0	0	900000	1000000	1000000	Unlimited	2 900 000
21-25	0	0	0	0	1000000	1100000	1300000	Unlimited	3 400 000
26-30	0	0	0	0	1100000	1200000	1600000	Unlimited	3 900 000
31-40	0	0	0	0	1200000	1300000	1900000	Unlimited	4 400 000
41-50	0	0	0	0	1300000	1700000	2400000	Unlimited	5 400 000

Ett konsept som er brukt i oppgaven er falske destinasjoner, som blir implementert i produksjonsfanen. Falske destinasjoner er destinasjoner som er nødvendig for å simulere variasjoner som kan forekomme under produksjon. Dette blir gjort ved å importere to like sett med økonomiske destinasjoner, der et av settene har en variasjon som er ønskelig. Produksjonen starter med det første settet, og etter en valgt tid flytter brukeren produksjonen over

til det varierte settet, i alle periodene den falske destinasjonen som ikke brukes satt til null i produksjon, slik som sett i [5.6]. Den variasjonen som tas hensyn til i denne oppgaven er flyttingen av knuseren. Alle destinasjoner med navn 2 som suffiks har kostnader tilknyttet en ny lokasjon av knuseren.

#### 5.3.4 Geometric

I geometri fanen er det mulig å sette opp flere begrensninger utifra operasjonelle begrensninger som utstyr og ønsket utforming av endelig brudd. Funksjonalitetene er listet opp under:

- **Minimum widths**  
Minimumsbredde for drift og minimum bunnbredde
- **Vertical rate of advance**  
Maksimum vertikal avstand som kan brytes hver periode
- **Force mining**  
I Force mining kan en ta i bruk overflatefiler for å tømme ett område for masse. Alle blokker som er over overflatefilen vil prioriteres og utvinnes uavhengig av om blokken er verdifull.
- **Restrict mining**  
Restrict Mining tar også i bruk overflatefiler, men brukes som begrensning av bruddet. Alle blokker over overflatefilen kan utvinnes, og blokkene under blir utilgjengelige.

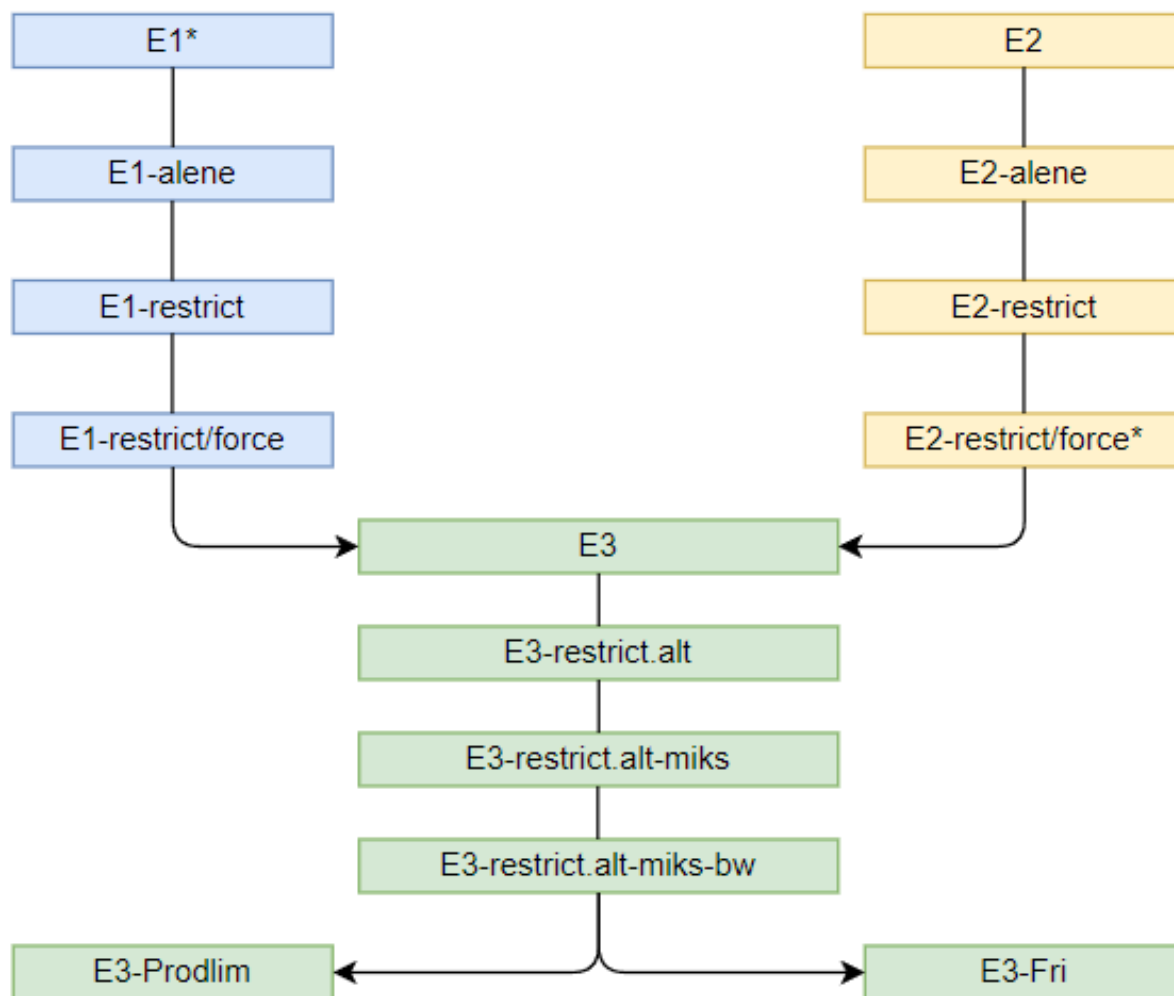
#### 5.3.5 Average

I average fanen bestemmes alle kjemiske krav i henhold til tab. 2.2.

#### 5.3.6 Sum

Sum begrensninger er basert på summen av en parameter som går igjen i blokkmodellen. I denne oppgaven er det brukt tonnasje. Alle kalkulasjoner med suffix '- tonnage' kan brukes i denne fanen for å kontrollere mengder og miksing av blokkene.

Summasjonsfanen er inndelt i en fane for hver av destinasjonene som er implementert i 'Destinations'. I hver fane er det mulig å velge minimum og maksimum av tonnasje av alle tonnasje-kalkulasjonene som er gjort. For eksempel kan en begrense miksing ved at Pure destinasjonen ikke kan bruke blokker av Cement kvalitet, dette er metoden for å kontrollere miksing i modellene. Ett annet eksempel blir at alt av produksjon av Cement kvalitet må hentes fra Leirset eiendommen. På denne måten kan en kontrollere miksing og andre operasjonelle begrensninger med summer.



**Figur 5.9:** Rekkefølgen på utførelse av modeller

*E1\* (E1-alt), en variasjon av E1 med alternativ produksjonsoppsett, der produksjonskapasiteten til standard var satt likt som totalen i alle periodene, og produksjonskapasiteten til Pure satt til blanke felt i alle periodene.*

*E2-restrict/force\* (E2-restrict.alt), er også gjennomført uten bruk av force mining og med alternativ restrict mining fil: 'Restrict-ABC\_alt'.*

Rekkefølgen av modellene er gjort på denne måten for å bygge ett grunnlag på mindre komplekse modeller, slik at begrensninger som gir dårlig resultat kan revurderes eller forkastes tidlig.

E1 og E2 er henholdsvis economic 1 og economic 2, hvorav E1 betegner at modellen er kjørt utelukkende med destinasjonene tilknyttet anlegg1. E2 betyr det samme men for destinasjonene som er tilknyttet anlegg 2. Betegnelsene E1 og E2 beskriver derfor hvilken av avstandskostnadene som er i effekt under kjøringen av modellen. E3 er betegnelsen på bytting av E1 og E2 under kjøring av modellen, slik som vist i tab: 5.6. I alle modellene er de kjemiske kravene til hver destinasjon implementert.

Under er variasjonene av modellene forklart

- E1 og E2  
Modellen E1 er kjørt med alle destinasjonene implementert i destinations-fanen, men alle E2 destinasjoner er satt til å ha lik null produksjon under hele modelleringen. For E2 er det motsatt
- -Alene  
I -alene modellene er nøyaktig like som E1 og E2, bortsett fra at alle destinasjonene med produksjon satt til null er fjernet fra modelleringen i destinasjon-fanen. Denne variasjonen ble kjørt for å teste om inerte destinasjoner kan påvirke resultater.
- -restrict  
I -restrict variasjonene er det implementert overflatefiler som begrenser dagbruddet i henhold til reguleringsplanen. Restrict filene som er brukt er 'Restrict-A\_an1' de første 15 årene, og 'Restrict-ABC\_an2' de neste 35 årene.
- -restrict/force  
I -restrict/force variasjonene gjelder de samme begrensningene som i -restrict variasjonen, men 'force' overflatefilen er implementert som force mining i perioden 12-15 år.
- -restrict\_alt  
I -restrict\_alt variasjonene gjelder de samme begrensningene som i -restrict variasjonen, men 'Restrict-ABC\_an2' er byttet ut med 'Restrict-ABC\_alt'.
- -miks  
I -miks variasjonene er begrensning av miksing implementert. Destinasjonene Econpure og Econpure2 kan ikke produsere blokker av Cement og Waste kvalitet. Econstandard og Econstandard2 kan ikke produsere blokker av Waste kvalitet. Econcement og Econcement2 kan ikke produsere blokker av Pure kvalitet. Av totalen må 500 000 tonn av cement kvalitet utvinnes hvert år, og 500 000 tonn fra Leirset må også utvinnes hvert år.
- -bw  
Bw står for 'Bottom width', og i -bw variasjoner blir minimum avstand mellom pallene bestemt til å være 100m.
- -Prodlim  
I -Prodlim variasjonen er produksjonstabellen satt slik som tab. 5.7.
- -Fri  
I -Fri variasjonen blir begrensningene som bestemmer kjemisk innhold i destinasjonene fjernet.



## 6 Resultat

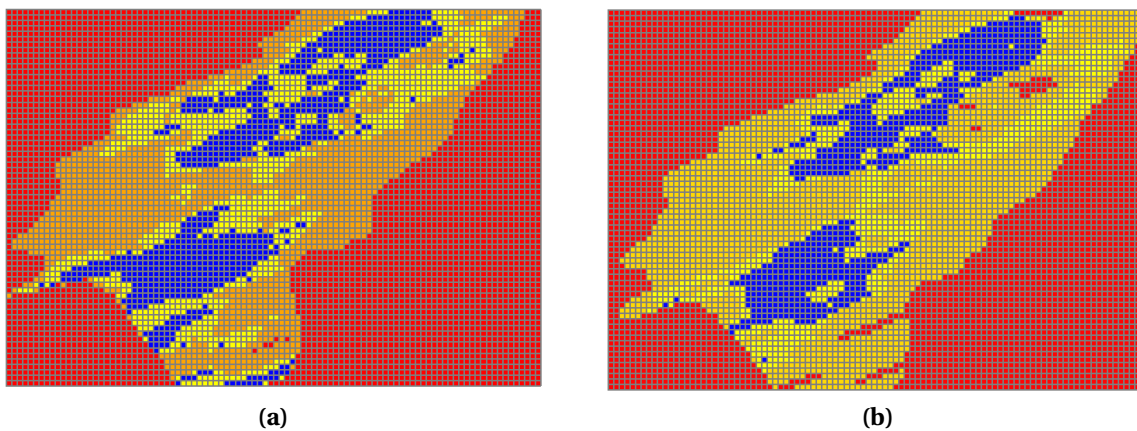
I dette kapitlet er resultatene fra den økonomiske blokkmodellen og fra modellering med Miningmath vist. Modellene er laget med fagekoder som viser hvilken kvalitet en blokk er og fargekodene er vist under i [tab: 6.1]. Kvalitetene er bestemt utifra produktkvalitetskravene gitt i fig. 2.2.

**Tabell 6.1:** Fargekoder

Blå	Pure
Gul	Standard
Oransje	Cement
Rød	Avfall

### 6.1 Økonomisk blokkmodellering

Under er den økonomisk blokkmodellen vist ovenifra og i kote 100. Blokkmodellen har lite innhold av blokker som er designert avfall, og relativt jevnt fordelt av pure, standard og cement. Se fig. 6.1.



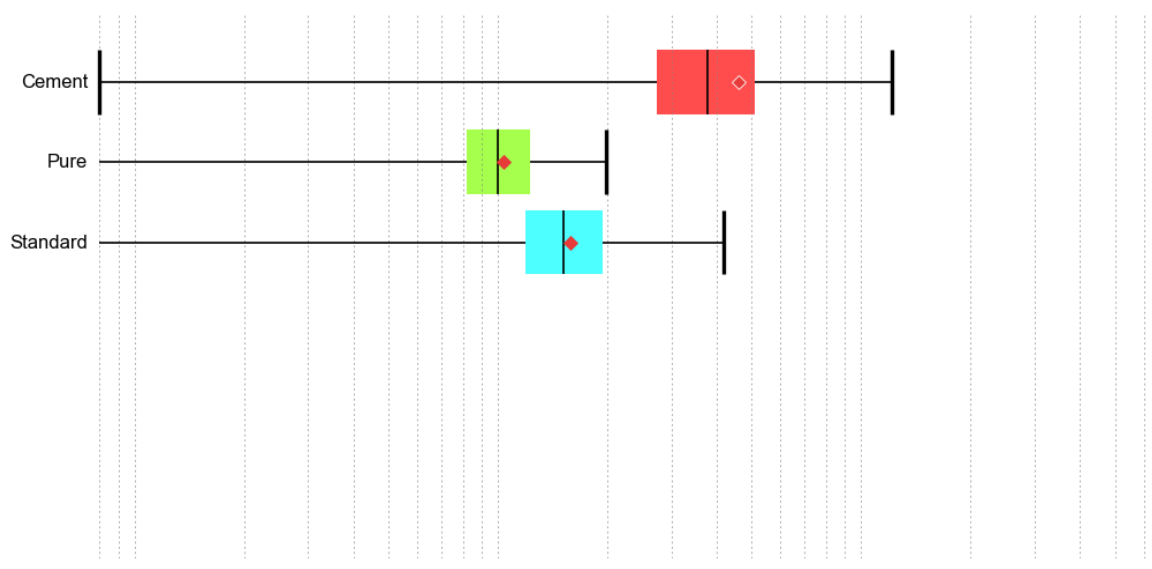
**Figur 6.1:** a, Den økonomiske blokkmodellen sett ovenifra. b, Kvaliteter sett ovenifra kote 100

Resultatet fra reblokkeringen viser økning i standard, cement og waste kvaliteter, se tab. 6.2. Dataen til 'Tilnærmet variasjon i original modell' er hentet fra en stringvariabel som designerte kvaliteter i Verdalskalk sin blokkmodell. Tilnærmelsen kommer av en re-blokkering til 15 m x 15m x 15m.

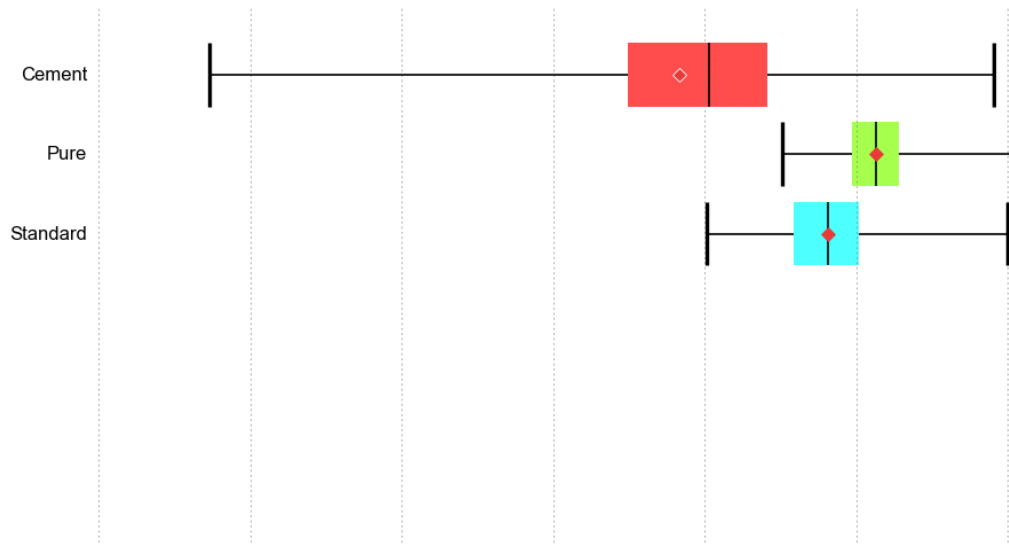
Tabell 6.2: Resultat av re-blokkingen

Kvalitet	Andel av forekomst i avgrensningen for dagbruddet	
	Tilnærmet variasjon i original modell	Kvalitet brukt i Miningmath 30m <sup>3</sup>
Pure	26.7%	22.8%
Standard	29.6%	24.7%
Cement	47.2%	48.4%
Waste	3.5%	4.1%

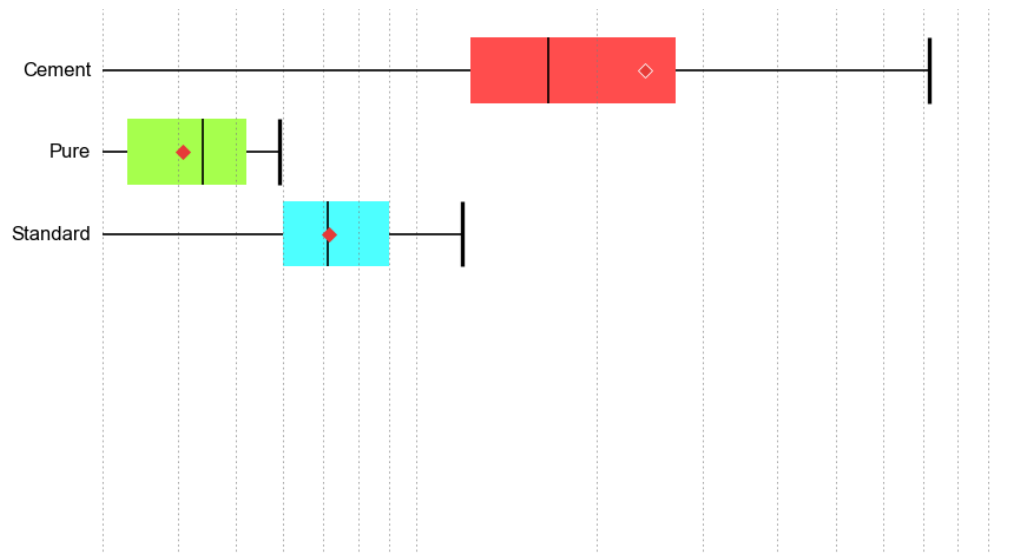
I fig. 6.2-6.7 er det vist boksploetter som viser variasjonen av kjemiske parametre. 'Pure', 'Standard' og 'Cement' i boksploetterne betegner blokker som er definert utifra kvalitetskravene til produktene, og som befinner seg innenfor område ABC fra reguleringsplanen. Tall linjen er redigert vekk på grunn av konfidensialitet.



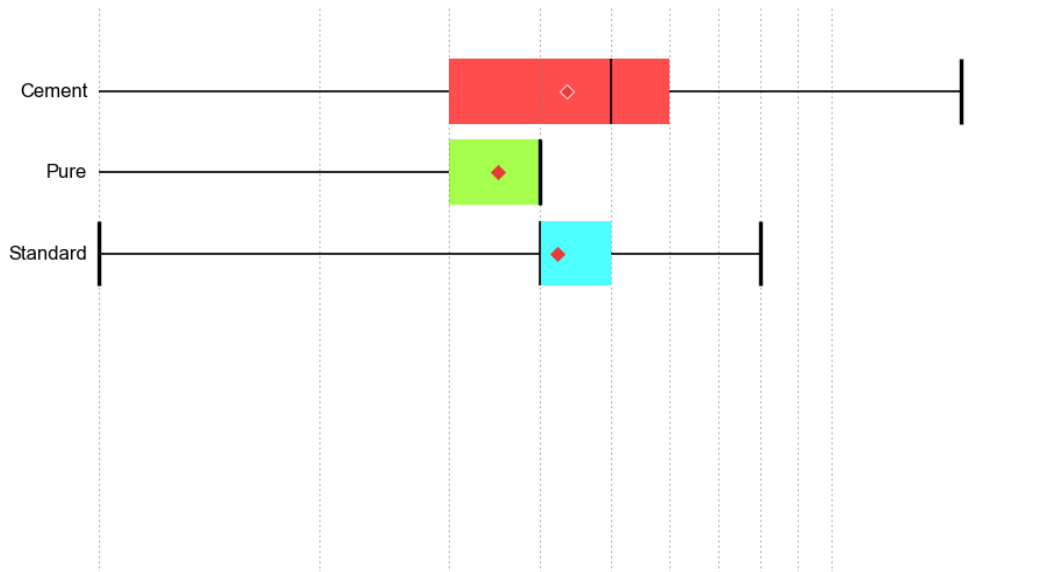
Figur 6.2: Boksploetter av % innhold Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde



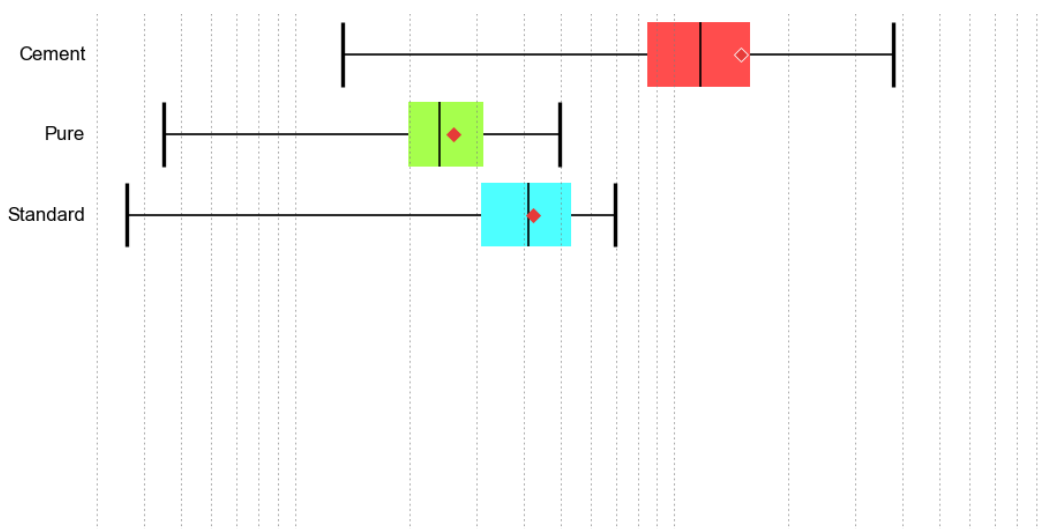
**Figur 6.3:** Boks-plot av % innhold Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde



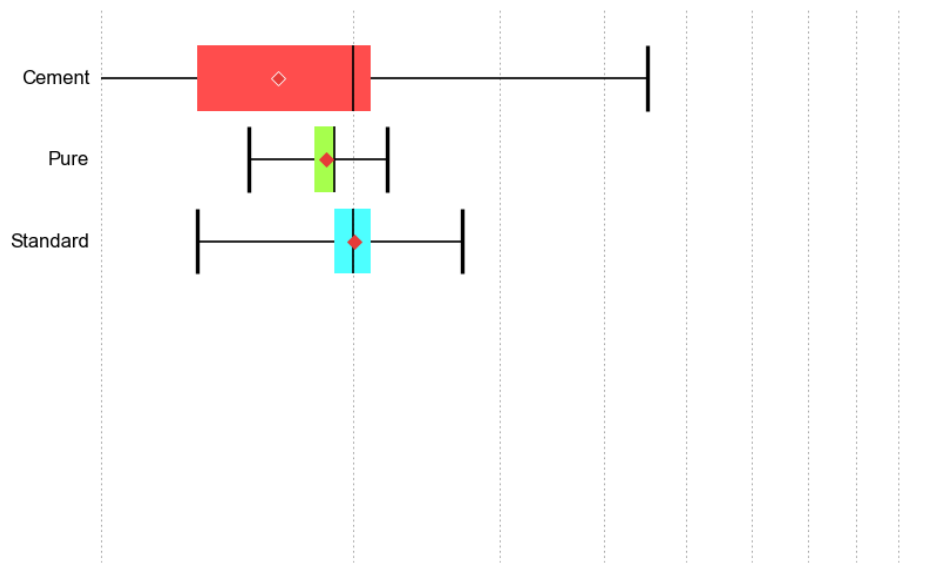
**Figur 6.4:** Boks-plot av % innhold CaO i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde



**Figur 6.5:** Boks-plot av % innhold MnO i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde



**Figur 6.6:** Boks-plot av % innhold SiO2 i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde



Figur 6.7: Boks-plot av % innhold SiO3 i produktkvalitetene i blokkmodellen, 3xkvartilbredde

## 6.2 Miningmath

Hver modellering er gitt med et oversiktsbilde, to tversnitt og produksjon i hver periode. Tverrsnittene er valgt med hensyn på område med høyest interesse. For E1 er det vist kjemisk innhold av pågang for Pure og Standard destinasjonene i fig. 6.12 og fig. 6.13. For resten av modellene er dette lagt ved i vedlegg.

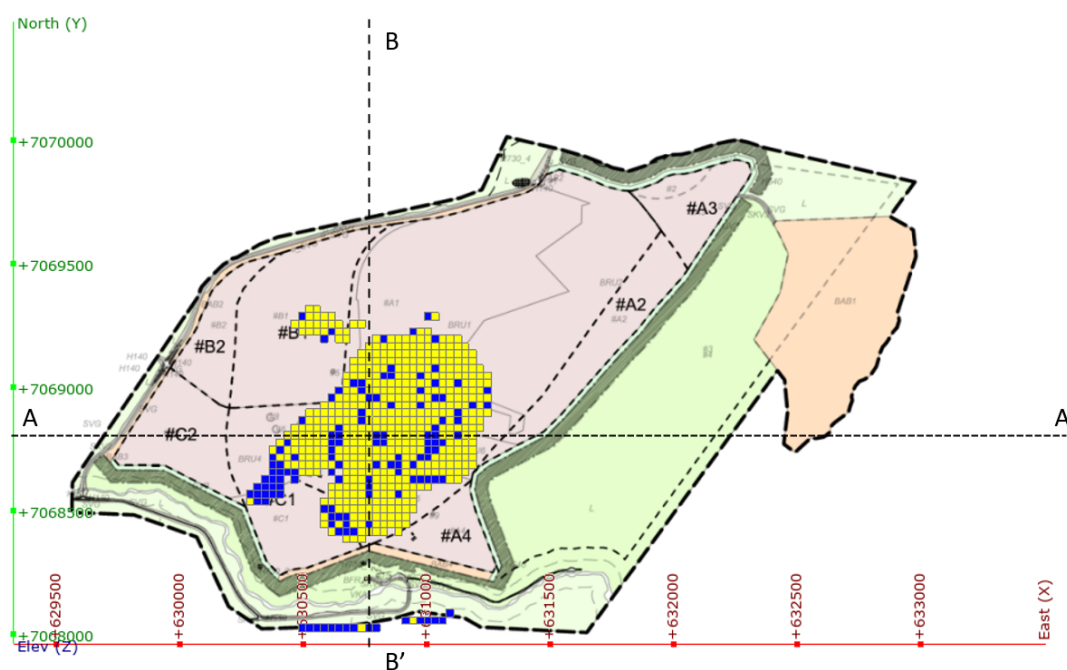
## 6.3 E1 og E1-alene

### 6.3.1 E1 og E1-alt

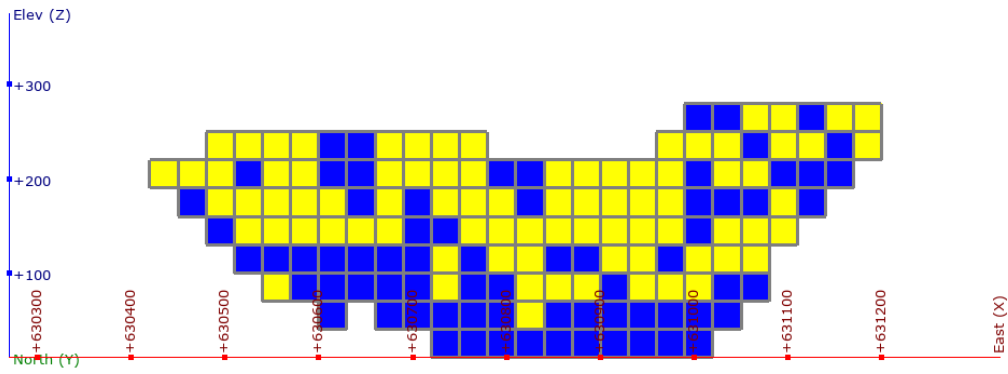
I fig. 6.8-6.10 er E1 vist. Figurene viser at dagbruddet utvikler seg i to separate brudd. Modellen har også utvunnet en linje av blokker i sør av pure kvalitet. Tverrsnittet B-B' viser også linjen av blokker i sør bedre. Modellen har en kumulativ NNV på 1706.2 millioner kroner.

Produksjonen i modellen i fig. 6.11 er veldig sporadisk og overstiger periodisk produksjonskrav.

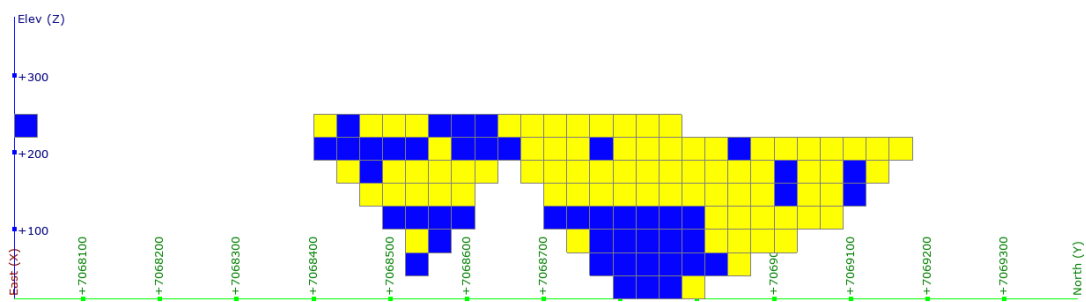
For E1 er det vist kjemisk innhold og mengde av pågang for Pure og Standard destinasjonene i fig. 6.12-6.13. I fig. 6.14 vist kjemisk innhold og mengde av pågang for Pure destinasjoner i E1-alt.



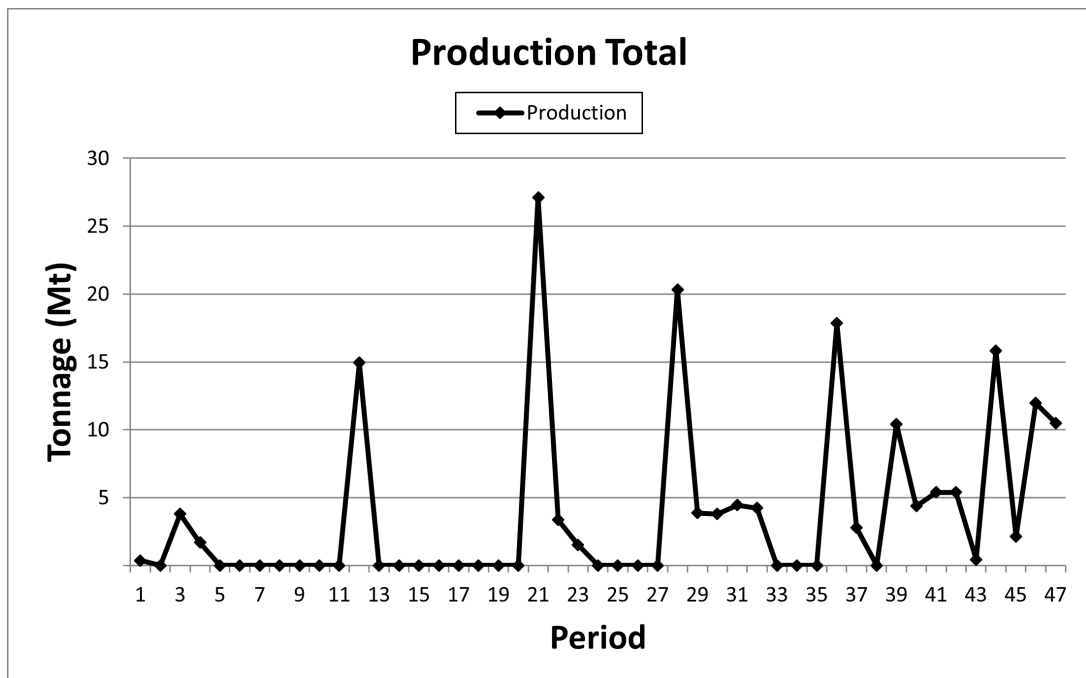
Figur 6.8: Modell E1 sett ovenifra



Figur 6.9: E1 tversnitt A-A'



Figur 6.10: E1 tversnitt B-B'



Figur 6.11: Total produksjon for E1

PERIOD	Pure	TONNAGE_kt	Output_Metal_al2o3_kt	Input_Grade_al2o3_%	Output_Metal_oao_kt	Input_Grade_oao_%	Output_Metal_fe2o3_kt	Input_Grade_fe2o3_%	Output_Metal_mno_kt	Input_Grade_mno_%	Output_Metal_sio2_kt	Input_Grade_sio2_%	Output_Metal_so3_kt	Input_Grade_so3_%
1	145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1385.1	2.18	0.158	760.97	54.939	0.79	0.057	0.05	0.004	5.33	0.385	0.21	0.015	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	2259.9	2.67	0.118	1242.15	54.965	1.35	0.06	0.09	0.004	6.22	0.275	0.43	0.019	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	3353.4	4.23	0.126	1840.97	54.899	1.96	0.058	0.13	0.004	11.39	0.34	0.64	0.019	
22	2405.7	4.75	0.197	1320.86	54.905	1.44	0.06	0.1	0.004	11.68	0.486	0.42	0.017	
23	1166.4	2.12	0.181	641.31	54.982	0.69	0.059	0.05	0.004	5.33	0.457	0.22	0.018	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	3863.7	4.66	0.121	2124.6	54.989	2.23	0.058	0.15	0.004	13.01	0.337	0.71	0.018	
29	1676.7	2.14	0.127	919.36	54.831	1	0.06	0.07	0.004	6.12	0.365	0.31	0.018	
30	2405.7	4.24	0.176	1319.2	54.836	1.44	0.06	0.1	0.004	10.95	0.455	0.43	0.018	
31	2478.6	4.33	0.175	1361.39	54.926	1.48	0.06	0.11	0.004	11.81	0.476	0.43	0.017	
32	2259.9	3.47	0.153	1240.29	54.883	1.35	0.06	0.09	0.004	8.91	0.394	0.39	0.017	
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	4374	5.03	0.115	2403.51	54.95	2.18	0.05	0.17	0.004	14.24	0.325	0.81	0.019	
37	1166.4	1.48	0.127	639.65	54.839	0.7	0.06	0.05	0.004	4.52	0.387	0.22	0.018	
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	4374	5.26	0.12	2400.82	54.889	2.38	0.054	0.19	0.004	15.86	0.363	0.82	0.019	
40	2843.1	3.84	0.135	1561.07	54.907	1.69	0.06	0.11	0.004	10.73	0.377	0.53	0.019	
41	1312.2	2.17	0.185	717.73	54.697	0.79	0.06	0.05	0.004	5.81	0.443	0.22	0.016	
42	1968.3	2.42	0.123	1078.97	54.817	1.18	0.06	0.09	0.004	7.33	0.372	0.38	0.019	
43	145.8	0.12	0.08	80.34	55.1	0.06	0.042	0.01	0.005	0.31	0.211	0.03	0.012	
44	5394.6	7.56	0.14	2958.61	54.844	3.05	0.057	0.24	0.004	22.88	0.424	1.01	0.019	
45	2916	0.51	0.176	160.42	55.013	0.17	0.059	0.01	0.005	1.33	0.455	0.06	0.021	
46	5394.6	7.28	0.135	2956.97	54.814	2.67	0.05	0.24	0.004	24.16	0.448	1.02	0.019	
47	5394.6	5.67	0.105	2956.34	54.802	2.55	0.047	0.24	0.004	20.27	0.376	1.01	0.019	

Figur 6.12: E1, rapport for Pure destinasjonen



PERIOD	TOMNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	278.7	0	0.183	119.92	54.833	0	0.094	0.01	0.003	1.03	0.471	0.03	0.013
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2405.7	4.52	0.188	1316.72	54.733	2.01	0.084	0.09	0.004	11.33	0.471	0.37	0.015
4	1676.7	3.5	0.209	841.78	50.205	1.99	0.119	0.06	0.003	10.5	0.626	0.16	0.009
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	12684.6	16.69	0.132	6908.77	54.466	6.99	0.055	0.48	0.004	40.17	0.317	2.31	0.018
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	23765.4	29.94	0.126	13024.9	54.806	14.63	0.062	0.97	0.004	78.03	0.328	4.49	0.019
22	947.7	2.71	0.286	516.35	54.485	1.64	0.173	0.05	0.005	9.98	1.053	0.13	0.014
23	364.5	1.42	0.389	197.96	54.31	0.92	0.251	0.02	0.004	3.99	1.095	0.04	0.012
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	16475.4	22.16	0.135	9046.58	54.91	10.84	0.066	0.68	0.004	64.6	0.332	3.03	0.018
29	2187	5.18	0.237	1191.78	54.494	3.33	0.152	0.12	0.005	21.07	0.963	0.43	0.02
30	1385.1	4.6	0.332	748.97	54.073	2.9	0.21	0.06	0.005	14.94	1.079	0.21	0.015
31	1968.3	6.19	0.314	1022.33	51.94	4.12	0.209	0.11	0.006	28.5	1.448	0.3	0.015
32	1968.3	6.39	0.325	1066.61	54.189	4.32	0.219	0.14	0.007	39.77	2.021	0.35	0.018
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	13486.5	22.95	0.17	7390.36	54.798	12.24	0.091	0.62	0.005	89.2	0.661	2.52	0.019
37	1603.8	3.61	0.225	875.28	54.575	2.18	0.136	0.09	0.005	13.9	0.867	0.31	0.019
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	6050.7	16.55	0.273	3293.43	54.431	10.07	0.167	0.33	0.005	71.04	1.174	1.19	0.02
40	1530.9	3.23	0.21	835.22	54.557	1.95	0.127	0.08	0.005	10.36	0.677	0.31	0.02
41	4082.4	9.01	0.221	2225.16	54.506	5.43	0.133	0.21	0.005	27.9	0.683	0.81	0.02
42	3426.3	7.95	0.232	1868.39	54.531	4.71	0.138	0.18	0.005	30.67	0.895	0.68	0.02
43	291.6	0.65	0.224	159.02	54.535	0.38	0.129	0.01	0.005	1.85	0.634	0.06	0.021
44	10424.7	19.69	0.189	5698.1	54.66	10.54	0.101	0.5	0.005	60.27	0.578	2.03	0.019
45	1822.5	4.77	0.262	993.01	54.486	2.86	0.157	0.1	0.005	16.5	0.905	0.37	0.02
46	5561	12.4	0.189	3583.57	54.619	8.34	0.147	0.33	0.005	38.66	0.589	1.33	0.02
47	5103	10.23	0.2	2787.59	54.626	7.36	0.144	0.27	0.005	30.8	0.604	1.02	0.02

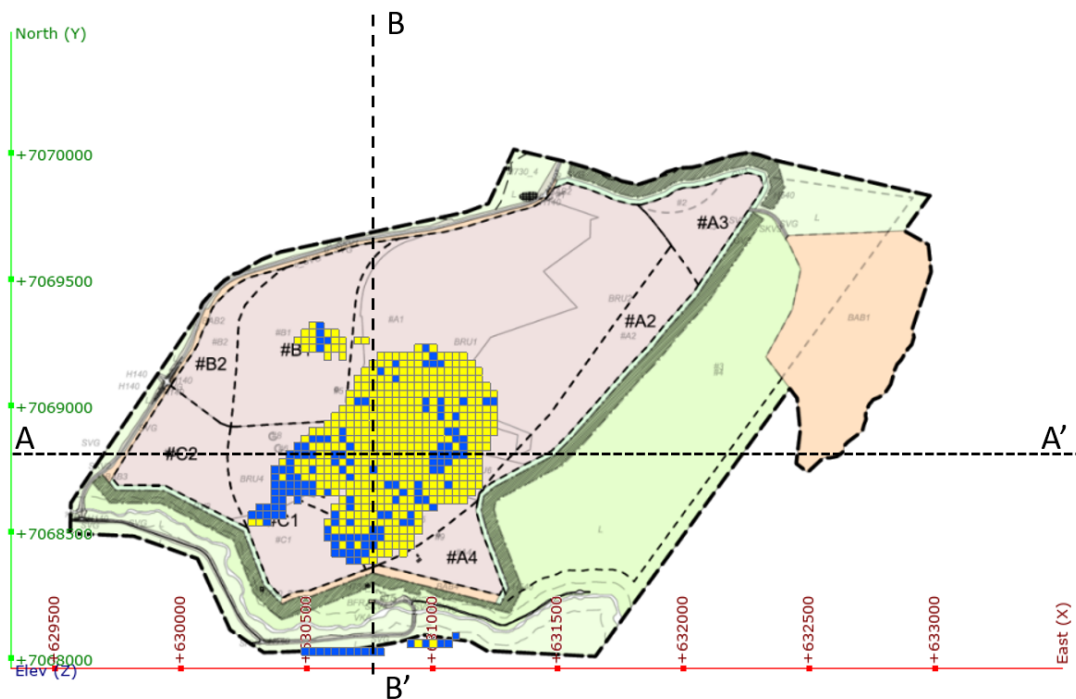
Figur 6.13: E1, rapport for Standard destinasjonen

PERIOD	Pure TONNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	347.7	2.42	0.255	517.71	54.628	1.55	0.163	0.03	0.003	6.6	0.687	0.09	0.01
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6633.3	16.84	0.254	3619.16	54.595	8.64	0.13	0.27	0.004	48.35	0.729	1.18	0.018
6	1166.4	4.02	0.344	630.5	54.055	2.73	0.234	0.04	0.003	11.02	0.944	0.14	0.012
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	16038	35.13	0.219	8715.6	54.343	19.59	0.122	0.68	0.004	109.4	0.682	3.05	0.019
14	2478.6	7.74	0.312	1324.86	53.452	4.72	0.19	0.1	0.004	23.27	0.939	0.35	0.014
15	2478.6	9.09	0.367	1177.36	47.501	6.42	0.259	0.09	0.003	26.59	1.073	0.27	0.011
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	31638.6	64.01	0.202	16994.06	53.713	37.52	0.119	1.37	0.004	192.38	0.608	5.31	0.019
26	656.1	1.83	0.279	196.04	29.88	1.29	0.196	0.01	0.002	4.85	0.739	0.03	0.005
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	18954	33.96	0.179	10369.51	54.709	19.63	0.104	0.87	0.005	103.8	0.548	3.73	0.02
31	4374	7.64	0.175	2397.79	54.619	4.13	0.094	0.19	0.004	21.39	0.489	0.9	0.021
32	1969.3	4.27	0.217	1078.87	54.711	2.33	0.119	0.09	0.004	13.2	0.671	0.37	0.019
33	6852.6	12.85	0.185	3745.73	54.661	7.28	0.106	0.33	0.005	38.54	0.562	1.33	0.019
34	4374	8.6	0.197	2392.61	54.701	4.73	0.108	0.21	0.005	25.05	0.573	0.86	0.02
35	4374	7.98	0.182	2389.65	54.633	4.71	0.108	0.22	0.005	25.93	0.593	0.86	0.02
36	2316	5.26	0.18	1591.82	54.589	2.93	0.101	0.15	0.005	17.11	0.587	0.57	0.019
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	10206	18.15	0.178	5579.06	54.664	10.72	0.105	0.51	0.005	55.56	0.544	2.01	0.02
39	4374	8.78	0.201	2391.83	54.683	4.96	0.113	0.22	0.005	28.24	0.646	0.87	0.02
40	3353.4	6.7	0.2	1834.43	54.704	3.5	0.104	0.16	0.005	19.68	0.587	0.66	0.02
41	11955.6	19.87	0.166	6543.19	54.729	12.32	0.103	0.6	0.005	60.76	0.508	2.34	0.02
42	5394.6	9.56	0.177	2957.06	54.815	5.63	0.104	0.25	0.005	28.87	0.535	1.07	0.02
43	5394.6	10.15	0.188	2950.69	54.897	7.89	0.143	0.24	0.004	34.5	0.64	1.05	0.02
44	5467.5	8.66	0.158	2993.11	54.744	8.77	0.16	0.24	0.004	34.3	0.627	1.07	0.02
45	5394.6	9.87	0.163	2955.86	54.793	6.91	0.129	0.24	0.005	29.15	0.54	1.05	0.019
46	5394.6	9.64	0.179	2953.63	54.752	6.5	0.121	0.28	0.005	30.89	0.573	1.1	0.02
47	5394.6	8.41	0.156	2951.76	54.717	5.37	0.1	0.29	0.005	27.49	0.51	1.04	0.019
48	5394.6	9.72	0.18	2953.29	54.745	4.97	0.092	0.25	0.005	26.83	0.497	1.03	0.019
49	3426.3	6.78	0.198	1834.8	53.55	4.95	0.144	0.15	0.004	20.55	0.6	0.63	0.018

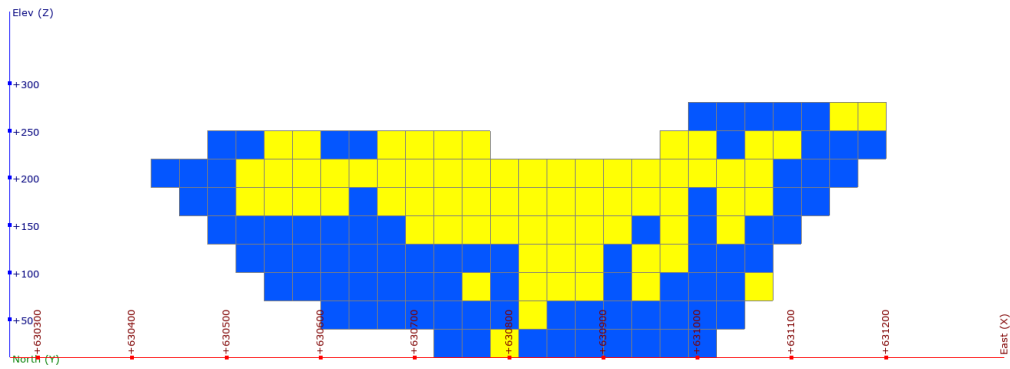
Figur 6.14: E1-alt, rapport for Pure destinasjonen

### 6.3.2 E1-alene

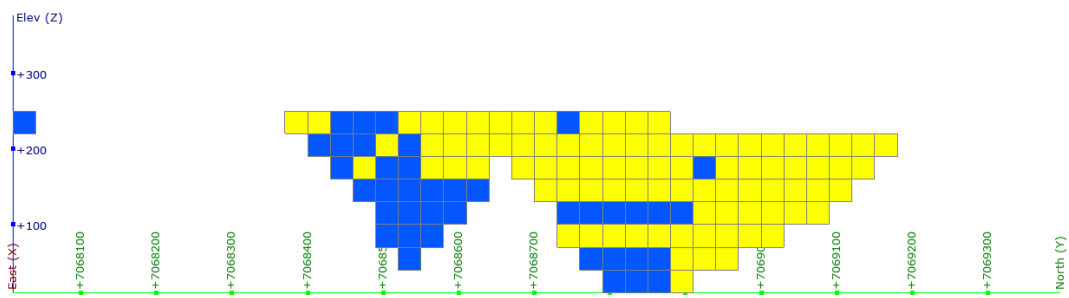
E1-alene er vist i fig. 6.15-6.17 og total produksjon i fig. 6.18. I modellen er periodiske produksjonskrav oversteget. Modellen har en kumulativ NNV på 1715.2 millioner kroner.



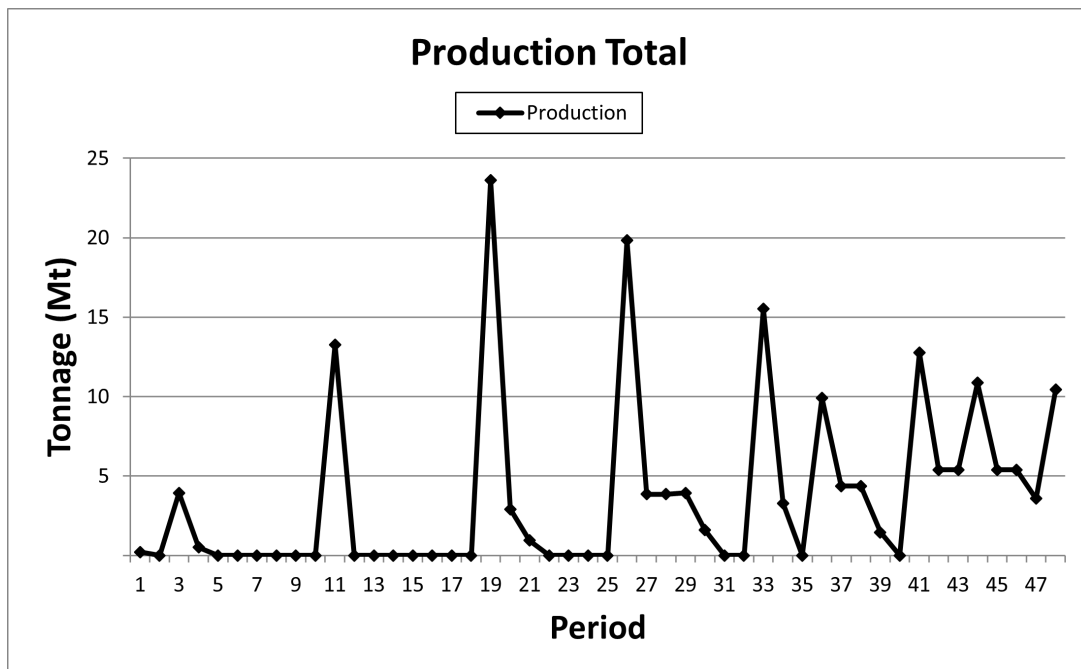
Figur 6.15: Modell E1-alene sett ovenifra



Figur 6.16: E1-alene tversnitt A-A'



Figur 6.17: E1-alene tversnitt B-B'



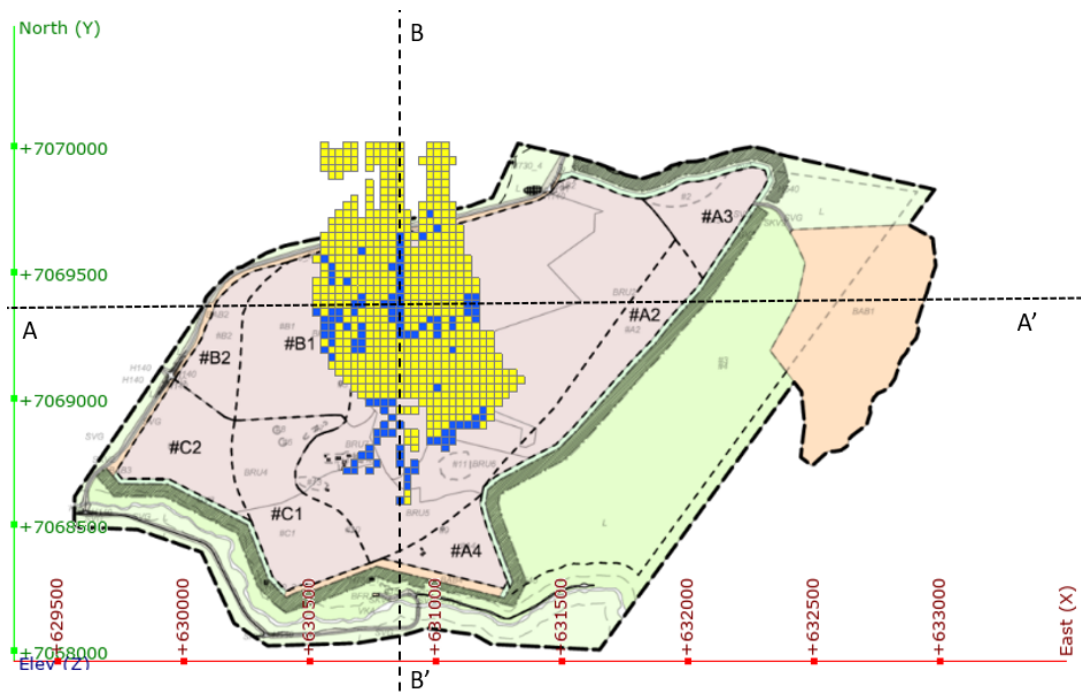
Figur 6.18: Total produksjon for E1

## 6.4 E2 og E2-alene

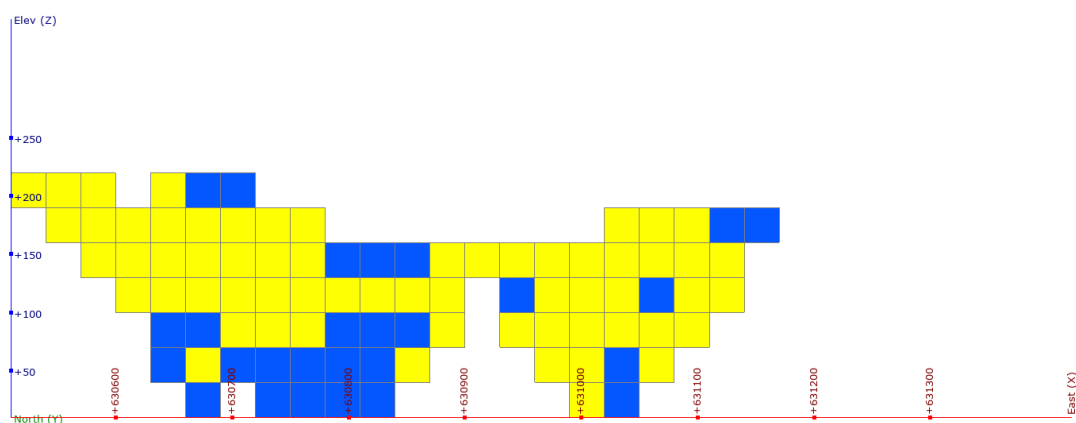
### 6.4.1 E2

I fig. 6.19-6.21 er modellen fra E2 vist. Bruddutviklingen er sporadisk og enkelte blokker blir utvunnet mot sør, og bruddutviklingen i nord er utenfor reguleringsgrensen. Modellen har en kumulativ NNV på 1554.9 millioner kroner.

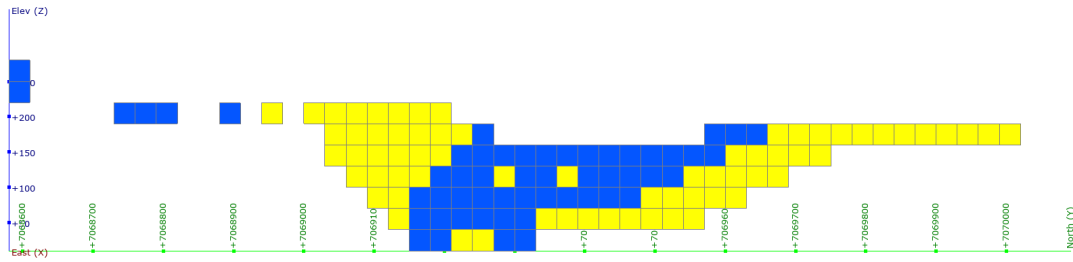
E2 sin produksjon er sporadisk og av levetiden på 50år er nærmest alt utvunnet på i fem separate år. se fig. 6.22



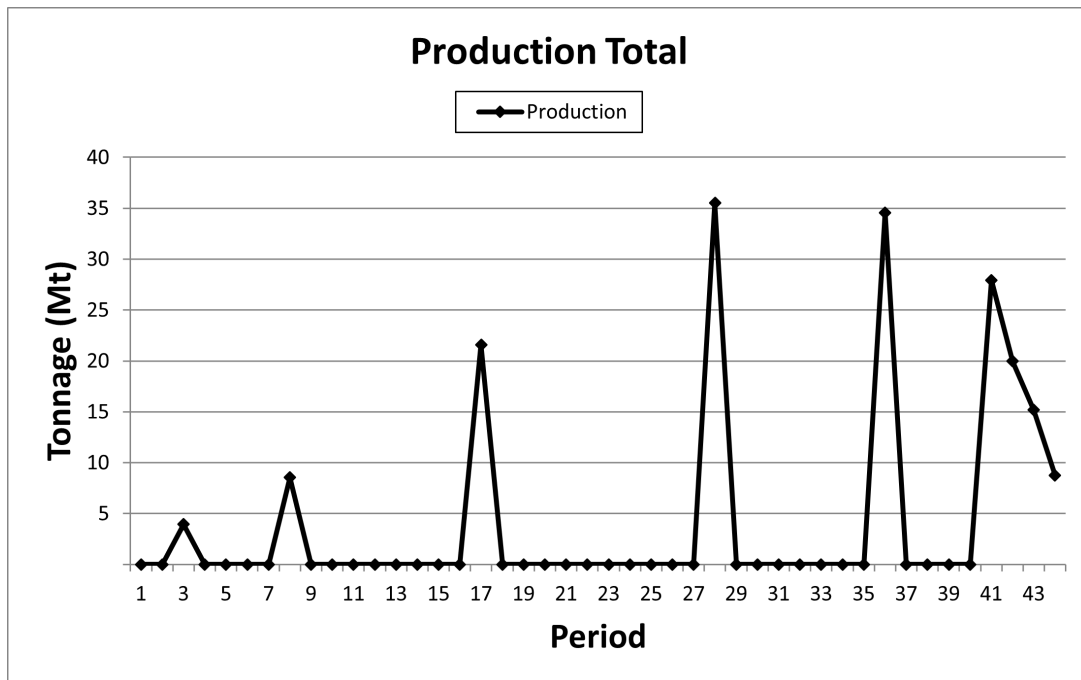
Figur 6.19: Modell E2 sett ovenifra



Figur 6.20: E2 tversnitt A-A'

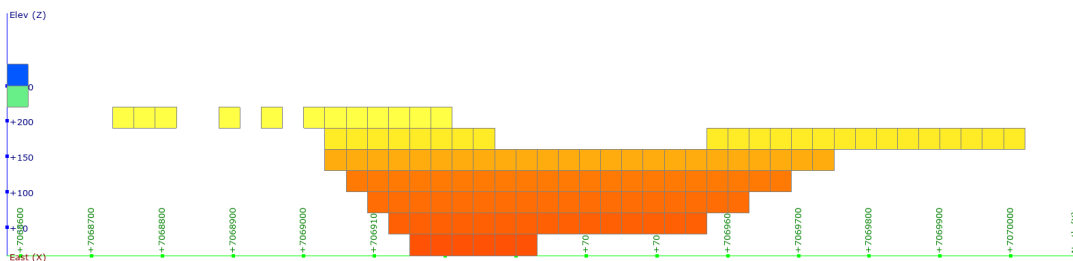


Figur 6.21: E2 tversnitt B-B'



Figur 6.22: Total produksjon for E2

Vedlagt er en figur som viser uttaksekvensen til E2 i tversnitt B-B', se fig. 6.23. Uttaksekvensen sammenfaller med total produksjon i bruddet.

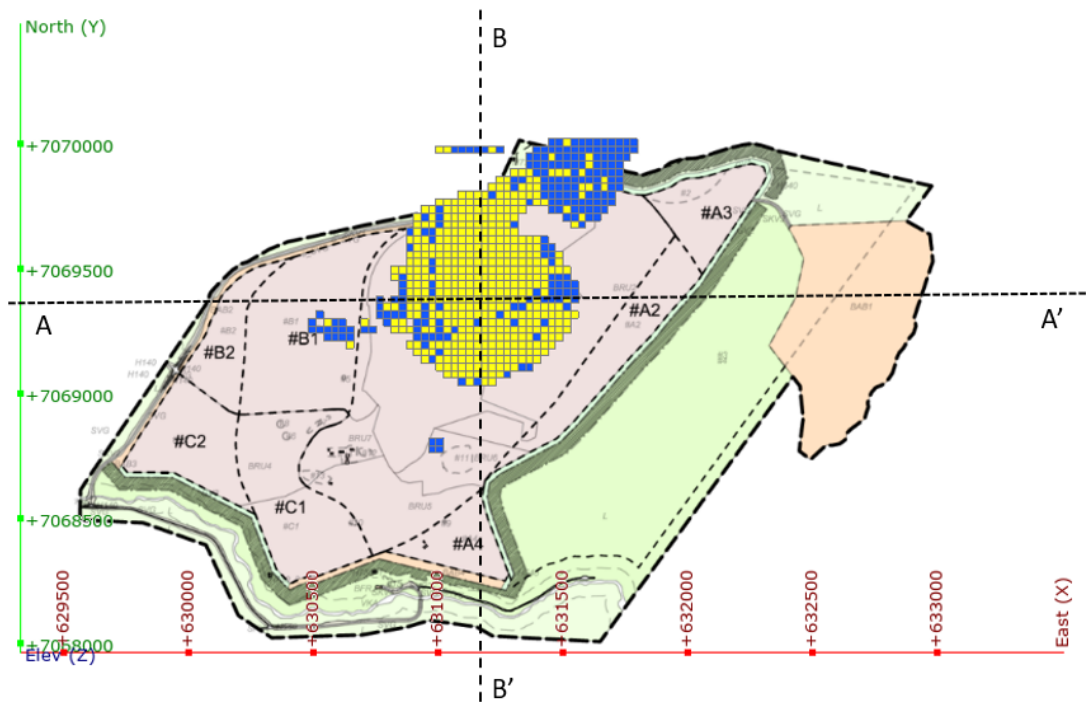


Figur 6.23: Sekvens for uttak i E2 sett fra tversnitt B-B'

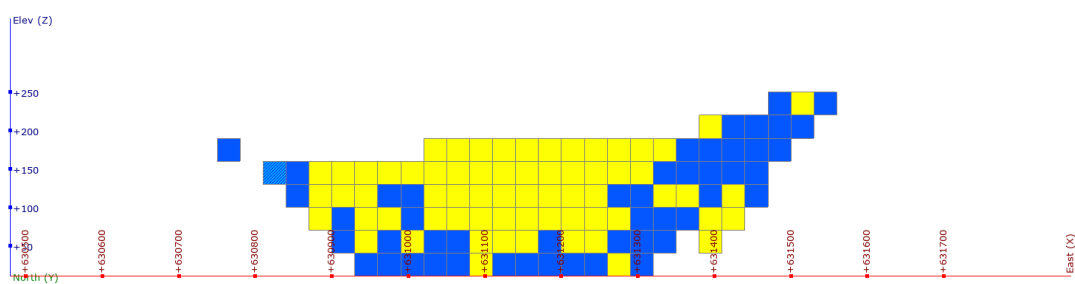
## 6.4.2 E2-alene

I fig. 6.24-6.26 er E2-alene vist. Dagbruddet utvikler seg nordover til grensen av blokkmodellen. Modellen har en kumulativ NNV på 1764.1 millioner kroner.

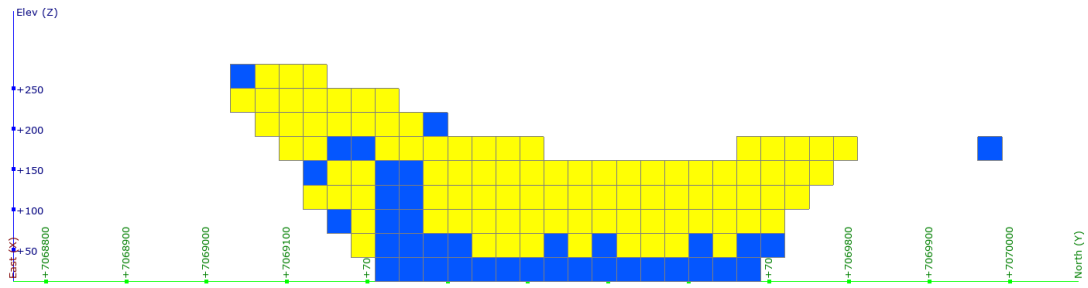
Total produksjon i bruddet er vist i fig. 6.27. Produksjonen overstiger produksjonsbegrensningene i enkelte perioder, etterfulgt av stabil produksjon innenfor begrensningene før produksjonen faller til null.



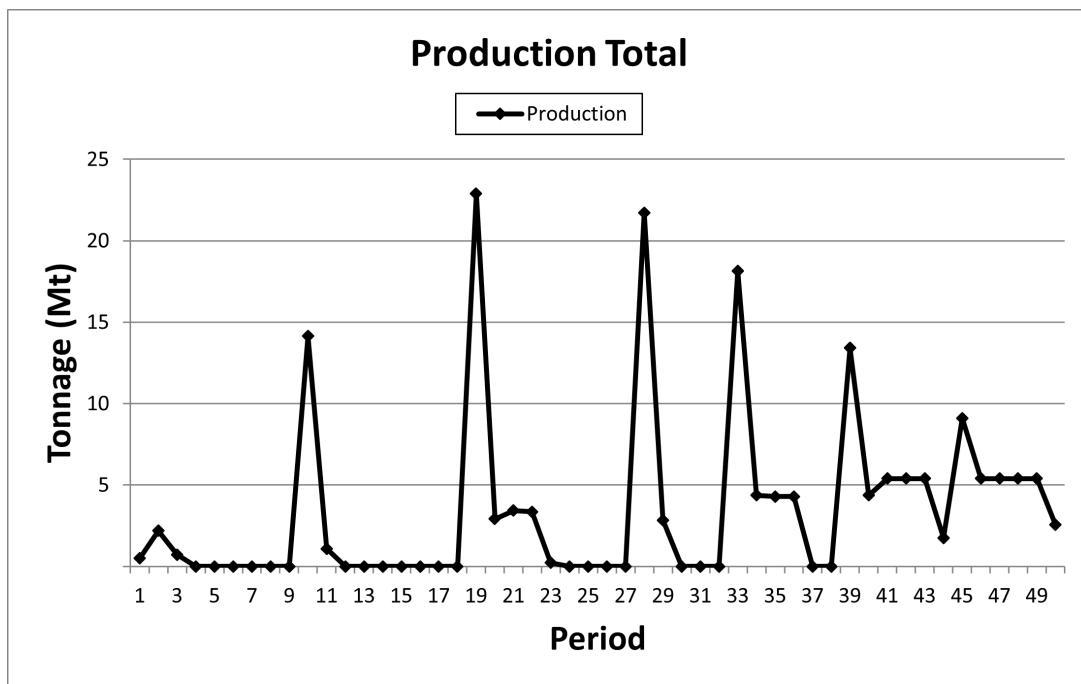
Figur 6.24: Modell E2 sett ovenifra



Figur 6.25: E2-alene tversnitt A-A'

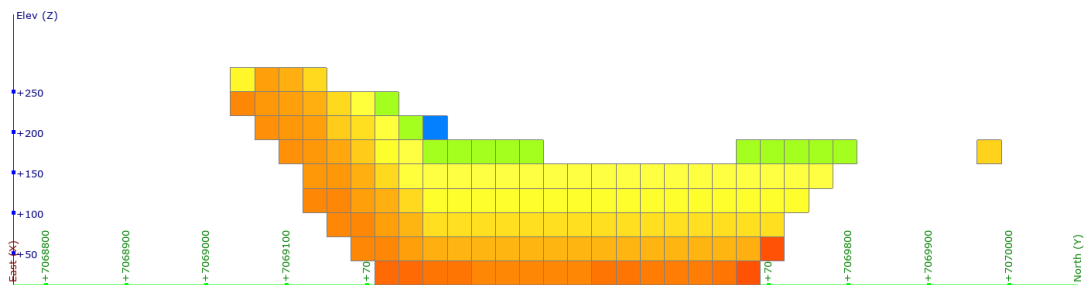


Figur 6.26: E2-alene tversnitt B-B'



Figur 6.27: Total produksjon for E2-alene

Uttaksekvensen i E2-alene er vist i fig. 6.28

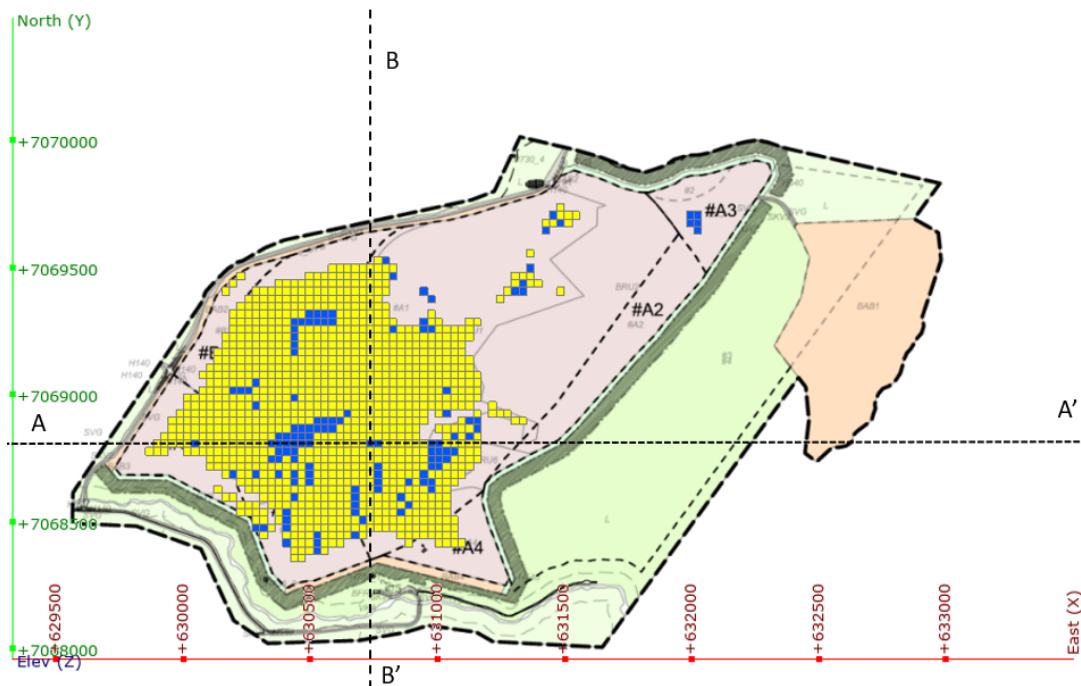


Figur 6.28: Sekvens for uttak i E2-alene B-B'

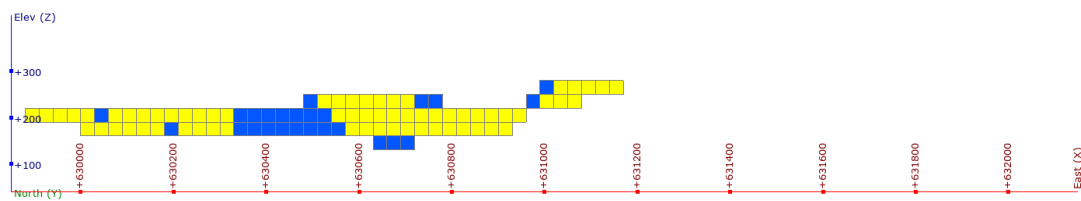
## 6.5 E1-restrict

I fig. 6.29-6.31 er E1-restrict vist. Modellen viser stor horisontal utbredelse med lav dybde i bruddet. Ingen blokker utenfor reguleringsgrensen er utvunnet. Modellen har en kumulativ NNV på 1428.5 millioner kroner.

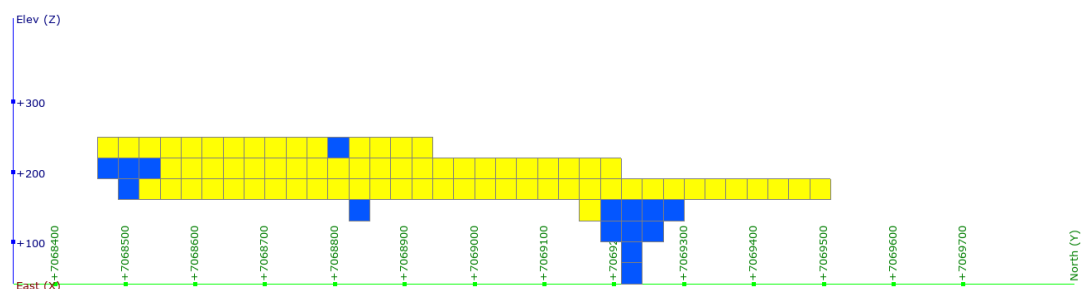
Total produksjon er gitt i fig. 6.32, og viser at modellen overstiger periodiske produksjonskrav.



Figur 6.29: Modell E1-restrict sett ovenifra

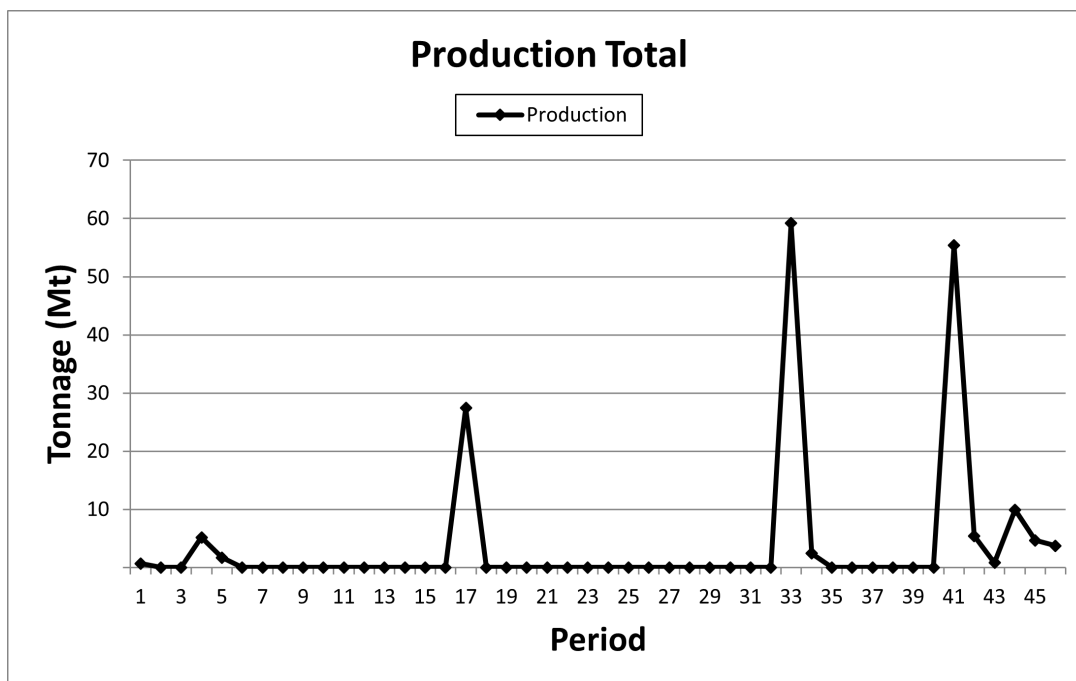


Figur 6.30: E1-restrict tversnitt A-A'



Figur 6.31: E1-restrict tversnitt B-B'



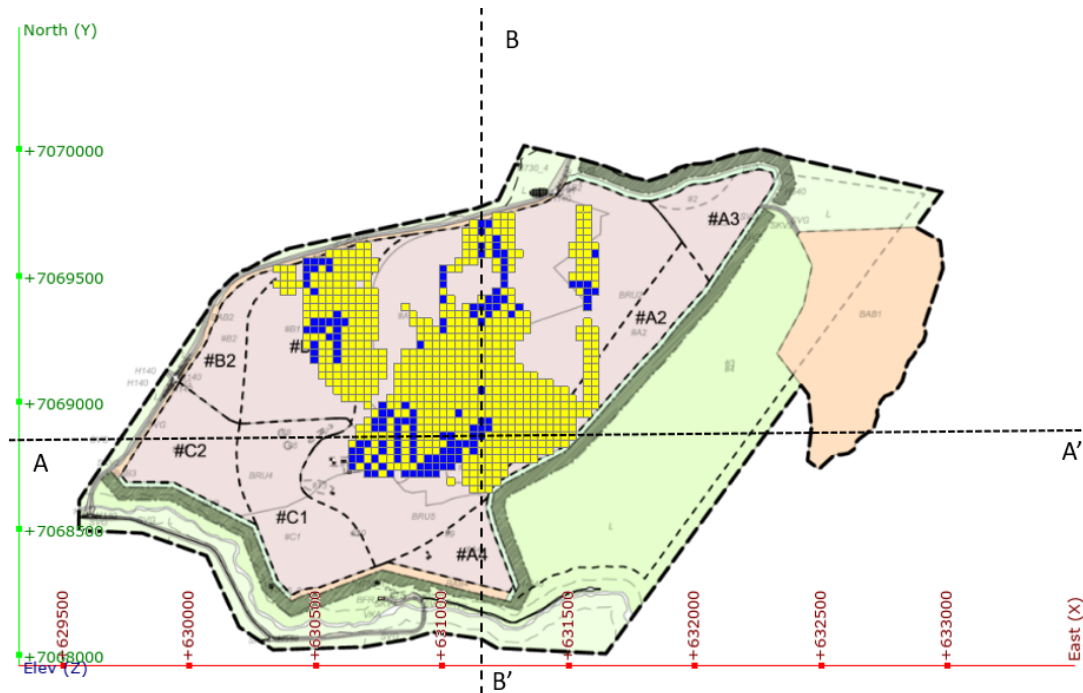


Figur 6.32: Total produksjon for E1-restrict

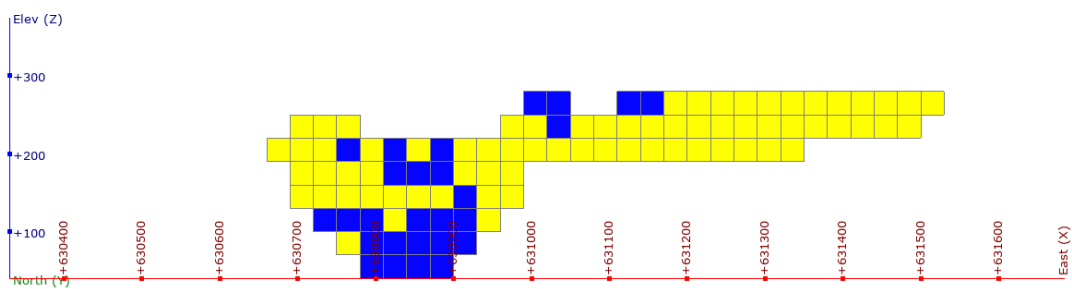
## 6.6 E2-restrict

I fig. 6.33-6.35 er E2-restrict vist. Ingen blokker utenfor reguleringsgrensen er utvunnet. Tverrsnitt B-B' viser at modellen er begrenset av restrict overflatefilene i områdene #A2 og #A1. Modellen har en kumulativ NNV på 1494.1 millioner kroner.

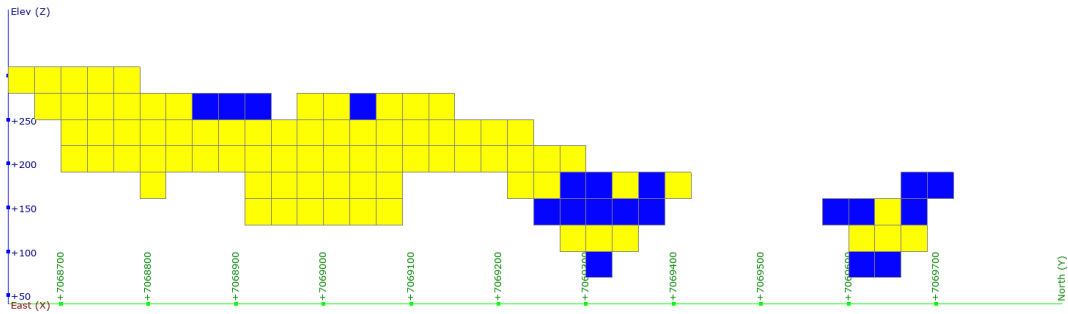
Total produksjon er gitt i fig. 6.36, og viser at modellen overstiger periodiske produksjonskrav.



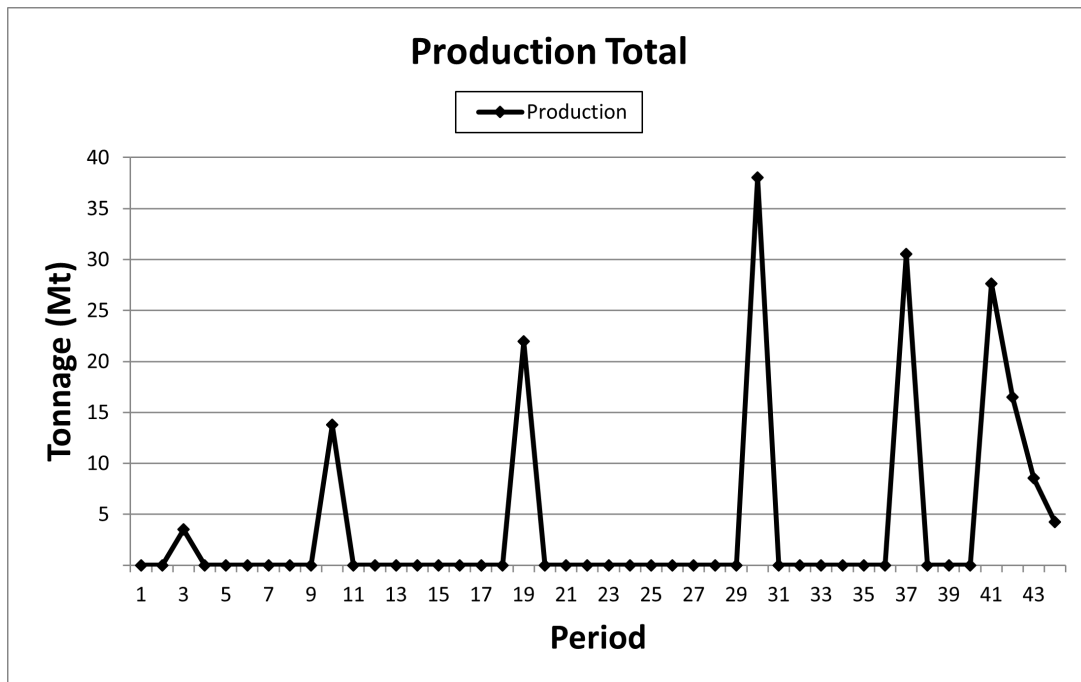
Figur 6.33: Modell E2-restrict sett ovenifra



Figur 6.34: E2-restrict tverrsnitt A-A'



Figur 6.35: E2-restrict tversnitt B-B'

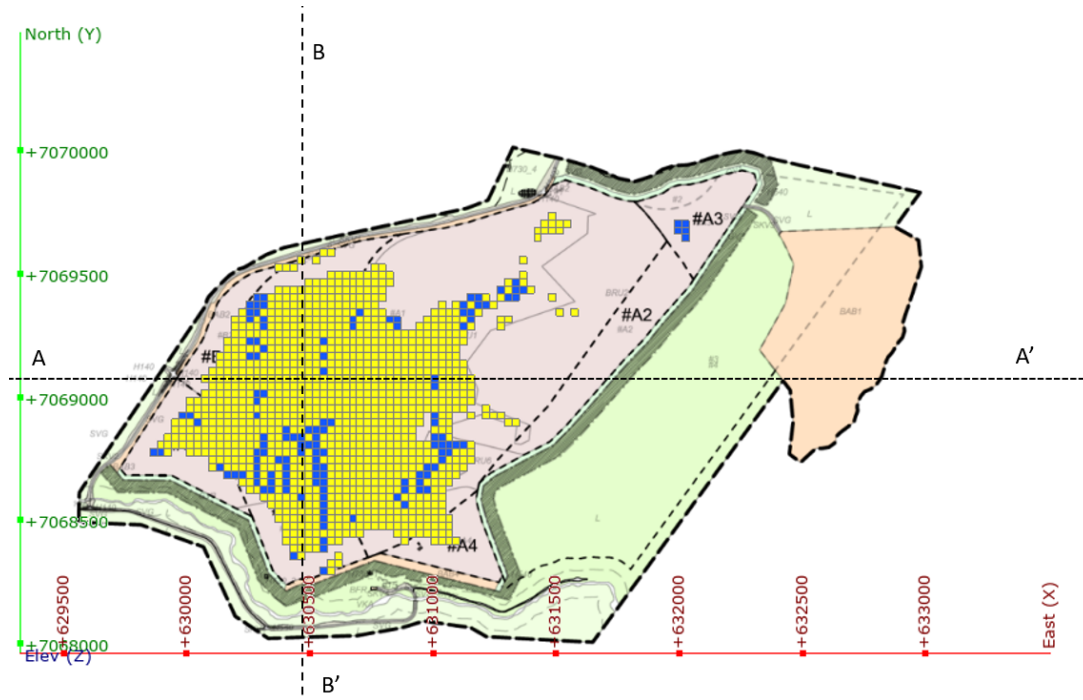


Figur 6.36: Total produksjon for E2-restrict

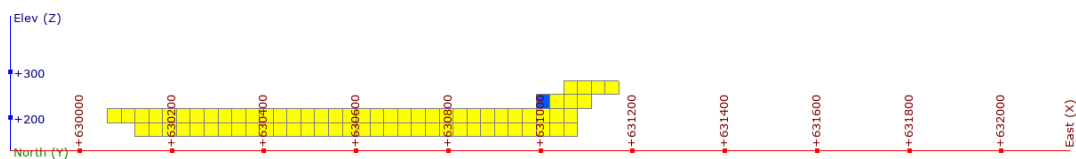
## 6.7 E1-restrict/force

I fig. 6.37-6.39 er E1-restrict/force vist. Alle blokkene er utvunnet innefor reguleringsgrensen til dagbruddet, men ingen blokker er utvunnet innenfor force overflatefilen. Modellen har en kumulativ NNV på 1419.5 millioner kroner.

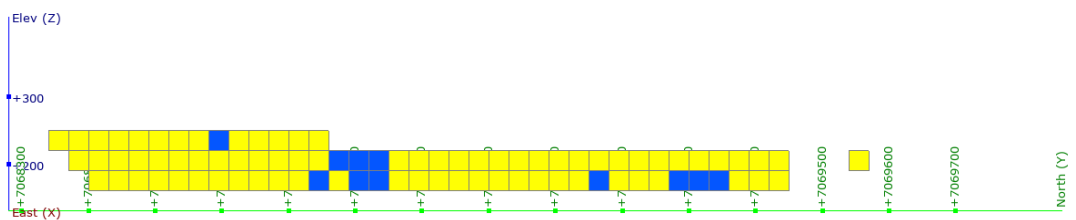
Total produksjon er gitt i fig. 6.40, og viser at modellen overstiger periodiske produksjonskrav.



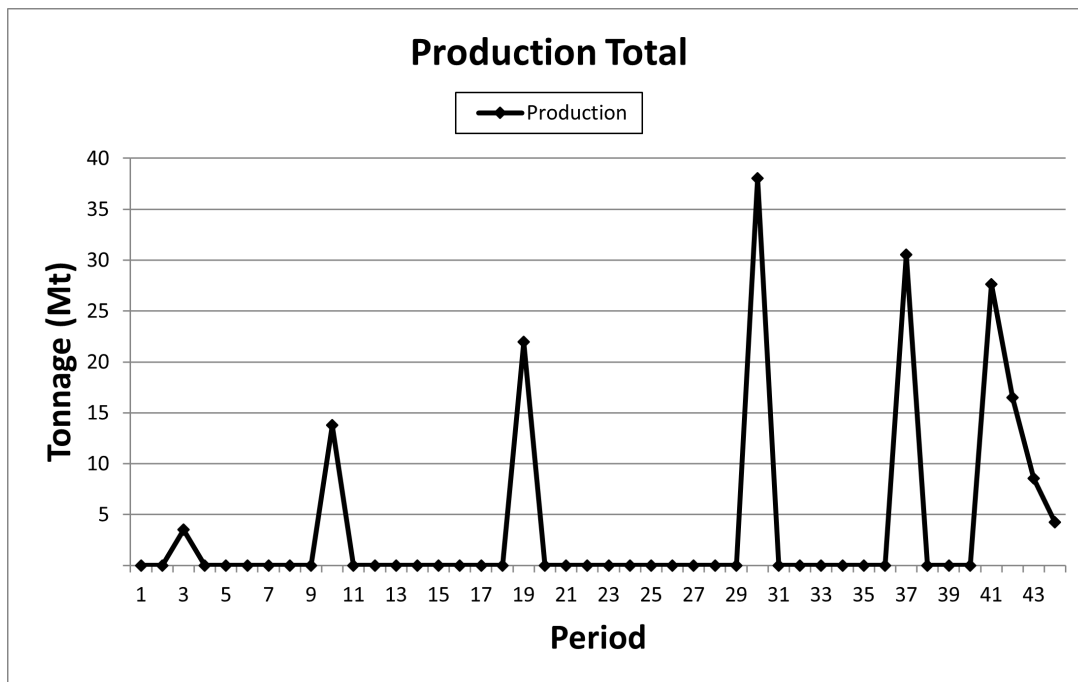
Figur 6.37: Modell E1-restrict/force sett ovenifra



Figur 6.38: E1-restrict/force tversnitt A-A'



Figur 6.39: E1-restrict/force tversnitt B-B'

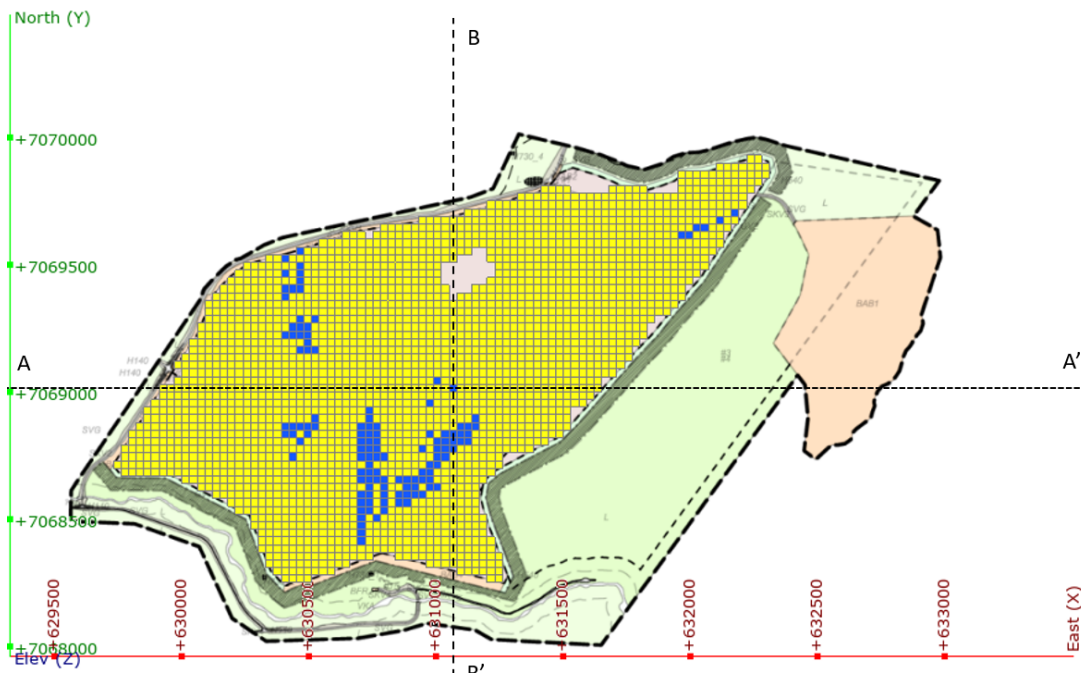


Figur 6.40: Total produksjon for E1-restrict/force

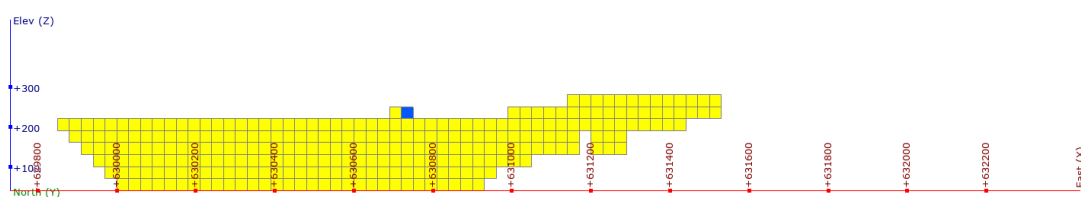
## 6.8 E2-restrict/force

I fig. 6.41-6.43 er E1-restrict/force vist. Alle blokkene er utvunnet innefor reguleringsgrensen til dagbruddet, men ingen blokker er utvunnet innenfor force overflatefilen se Tverrsnitt B-B'. Modellen har en kumulativ NNV på 2174.3 millioner kroner.

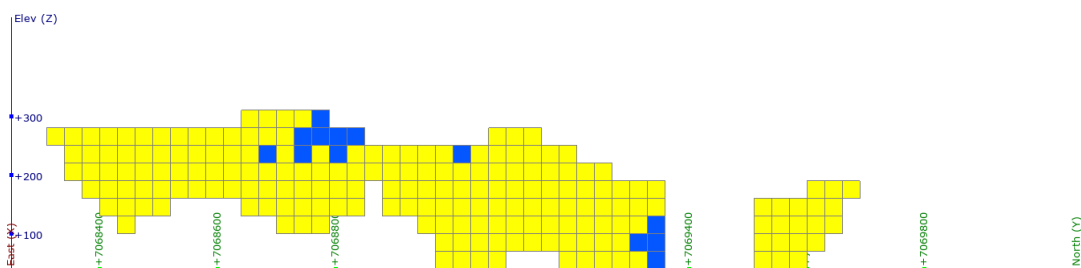
Total produksjon er gitt i fig. 6.44, og viser at modellen overstiger periodiske produksjonskrav. E2-restrict/force produserer mer tonnasje enn teoretisk maksimum satt av den totale produksjonbegrensningen gjennom 50år, på et år.



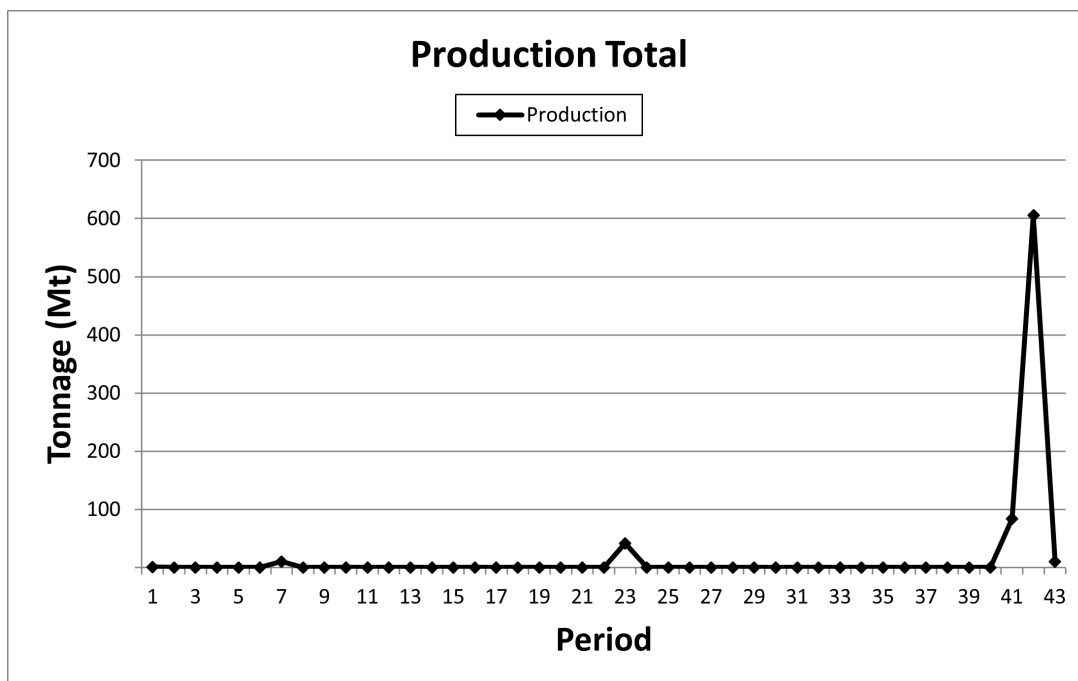
Figur 6.41: Modell E2-restrict/force sett ovenifra



Figur 6.42: E2-restrict/force tverrsnitt A-A'



Figur 6.43: E2-restrict/force tverrsnitt B-B'

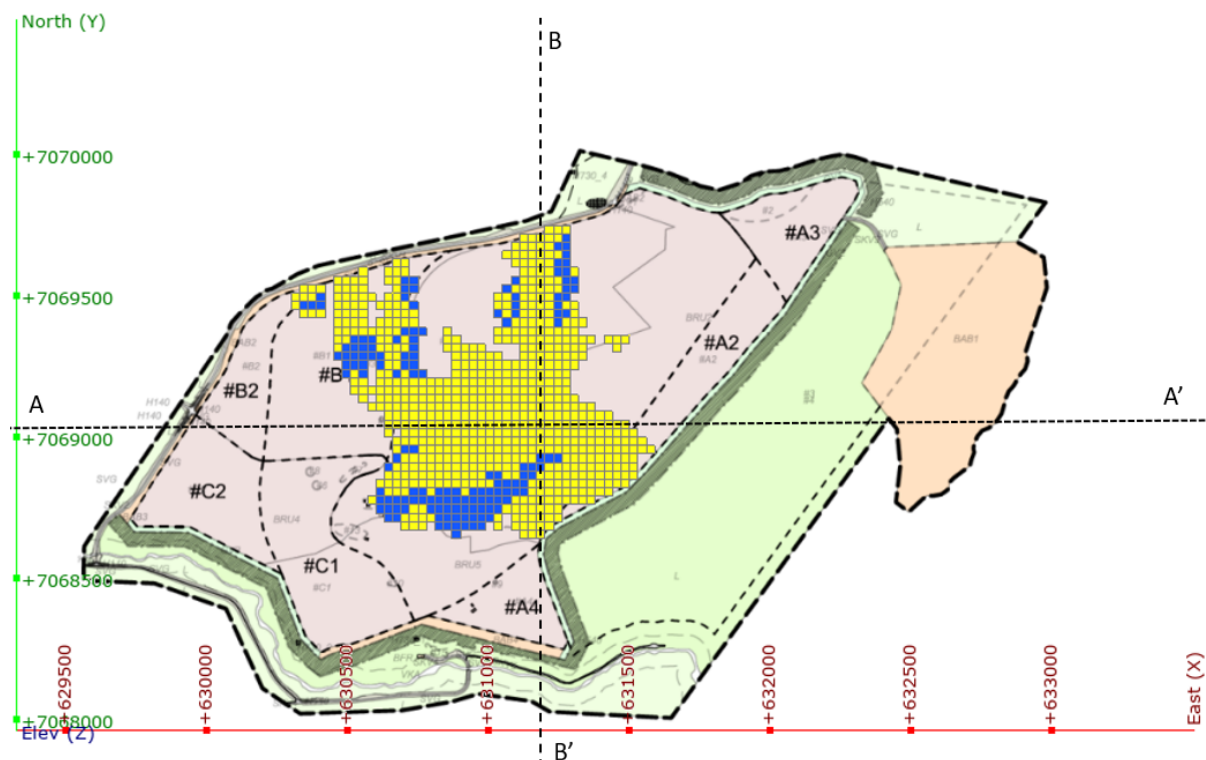


Figur 6.44: Total produksjon for E1-restrict/force

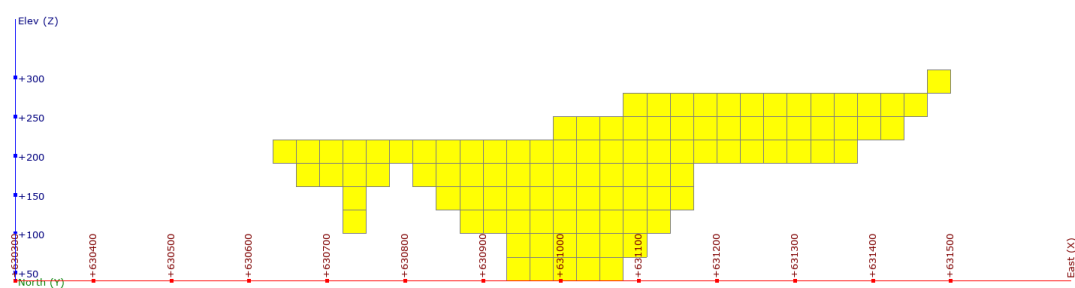
### 6.8.1 E2-restrict.alt

I fig. 6.45-6.47 er E2-restrict.alt vist. Det at ingen blokker utenfor reguleringsgrensen er utvunnet, og tverrsnittene i E2-restrict.alt viser at modellen er begrenset av restrict mining. Modellen har en kumulativ NNV på 1480.9 millioner kroner.

Total produksjon er gitt i fig. 6.36, og viser at modellen overstiger periodiske produksjonskrav.

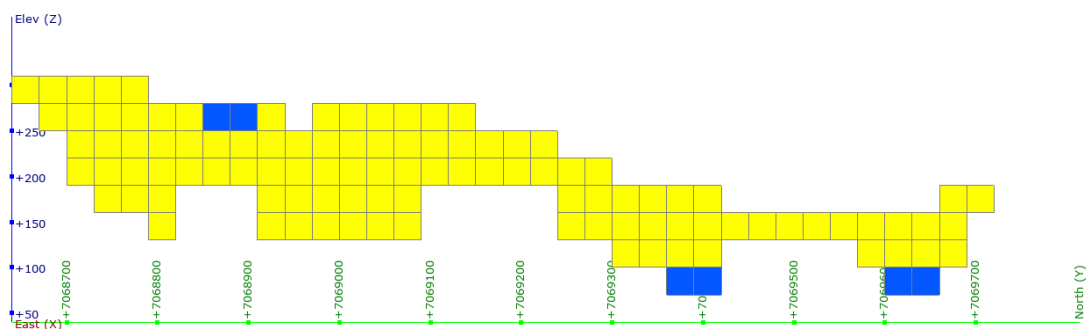


Figur 6.45: Modell E2-restrict.alt sett ovenfra

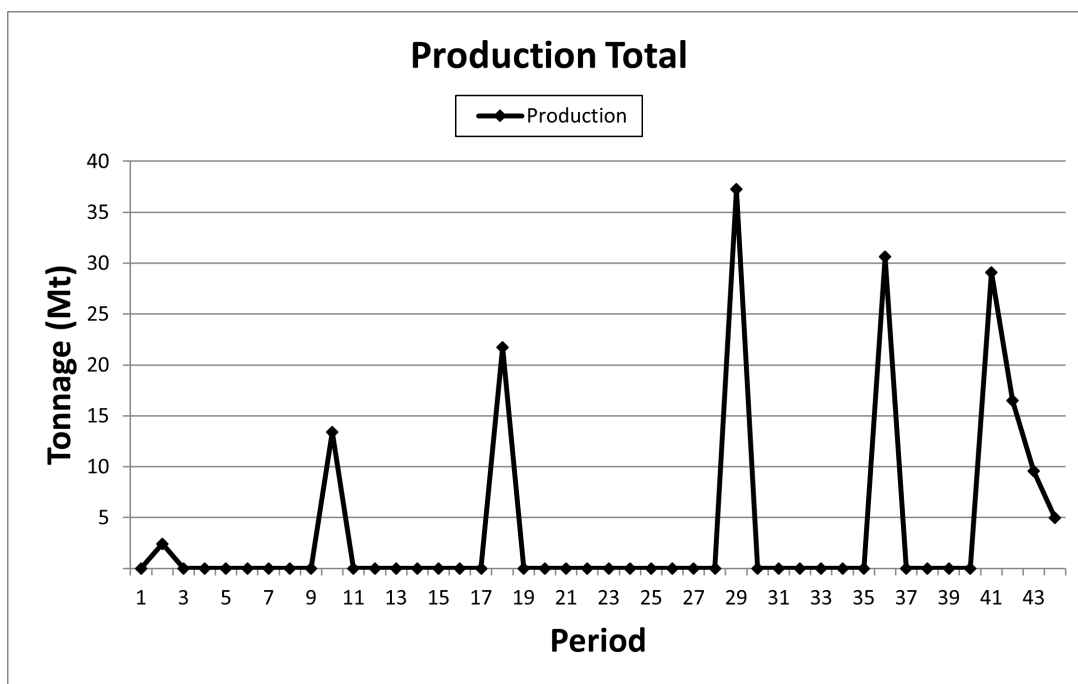


Figur 6.46: E2-restrict.alt tverrsnitt A-A'





Figur 6.47: E2-restrict.alt tversnitt B-B'

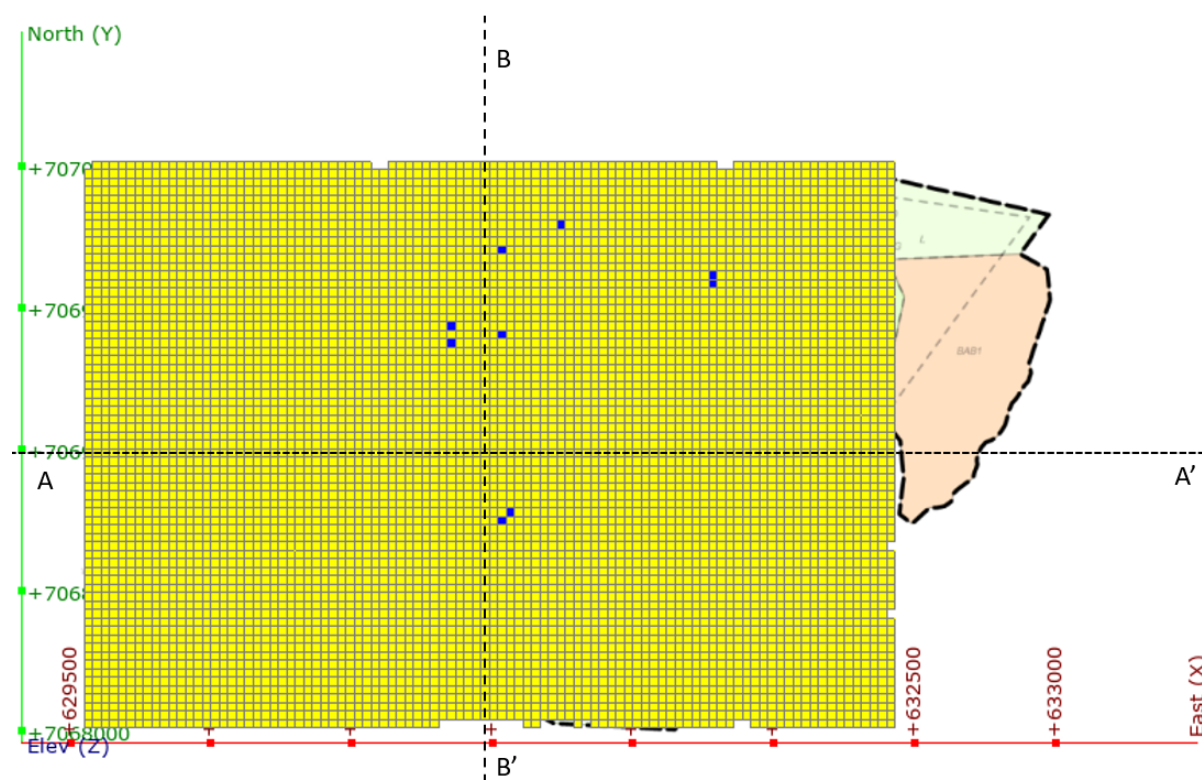


Figur 6.48: Total produksjon for E2-restrict.alt

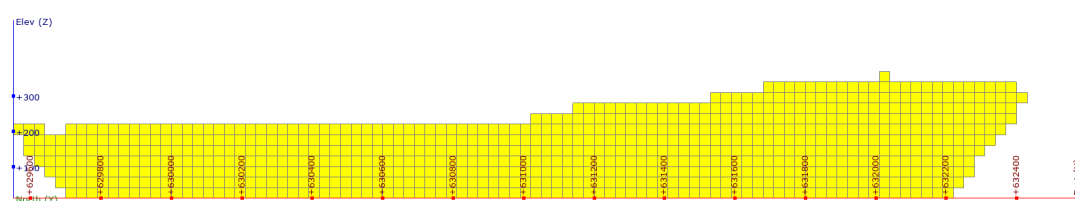
## 6.9 E3

For modellene E3, E3-res.alt, E3-res.alt-miks og E3-res.alt-miks-bw ble resultatet likt som for E2-restrict/force. Nærmest alle blokkene i blokkmodellen ble utvunnet, bare begrenset av hvilken restrict-overflatefil som var brukt. For alle modellene ble et stort flertall av blokkene ble også utvunnet i samme periode. Produksjonstallene for modellene er lagt med i vedlegg.

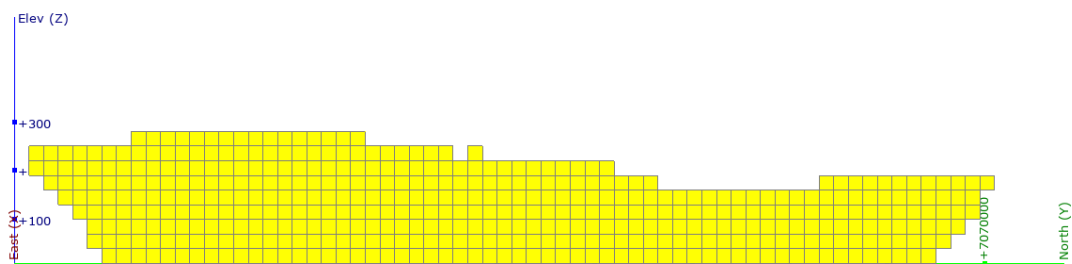
I fig. 6.49-6.51 er E3 vist, og total produksjon er gitt i fig. 6.52. Modellen har en kumulativ NNV på 6461.9 millioner kroner.



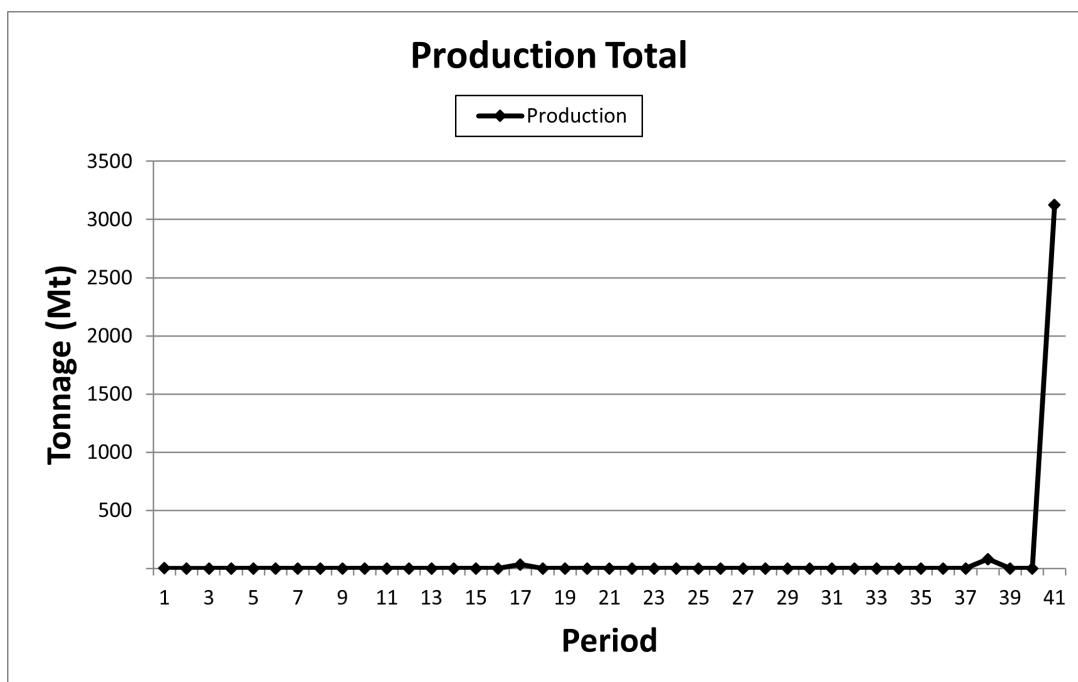
Figur 6.49: Modell E3 sett ovenifra



Figur 6.50: E3 tversnitt A-A'



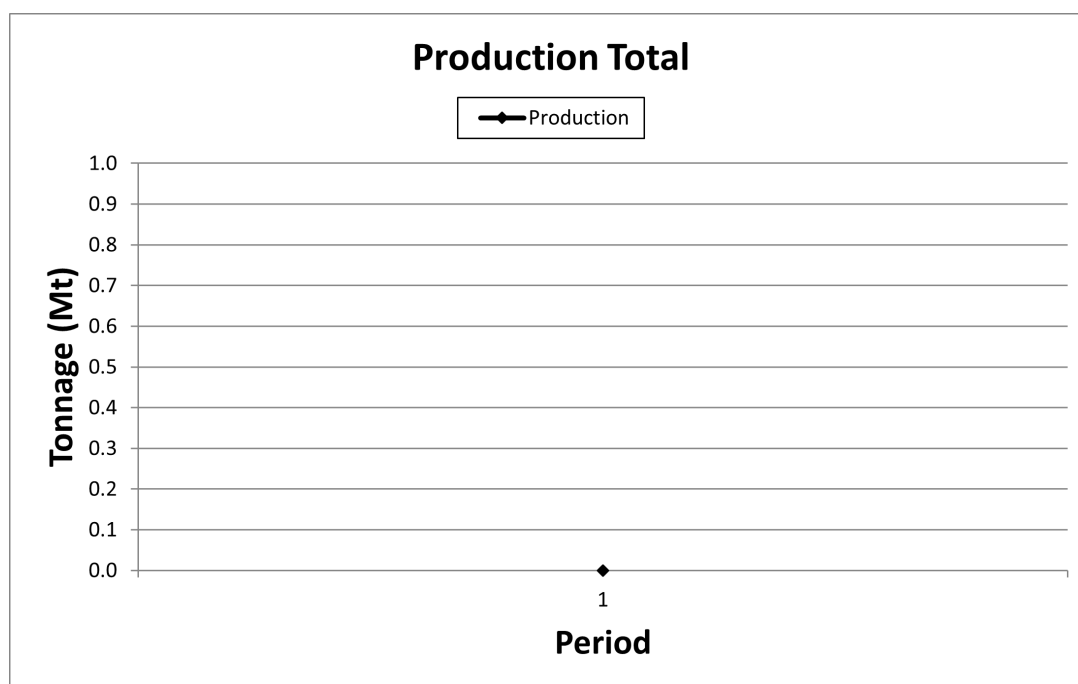
Figur 6.51: E3 tversnitt B-B'



Figur 6.52: Total produksjon for E3

## 6.10 E3-prodlim

E3-Prodlim gav ingen produksjon i noen av periodene, se fig. 6.53 Modellen har en kumulativ NNV på 0 kr

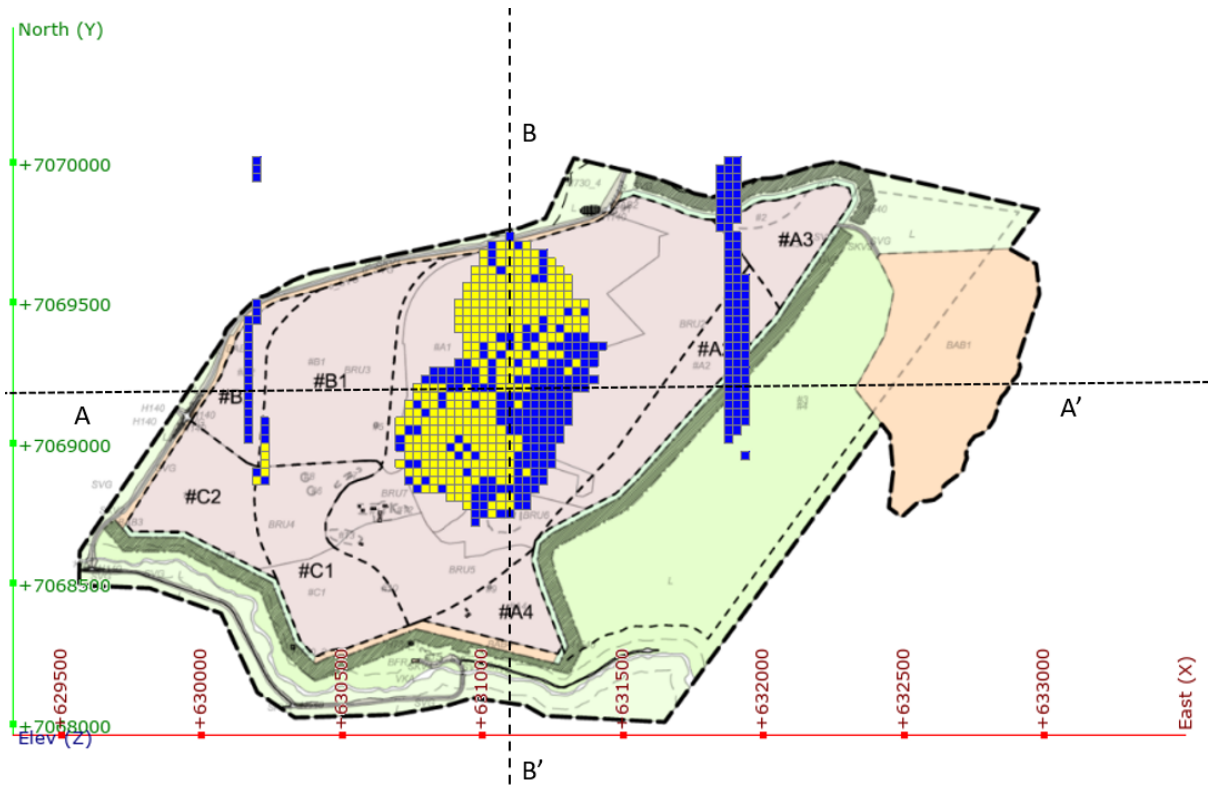


Figur 6.53: Total produksjon for E3-Prodlim

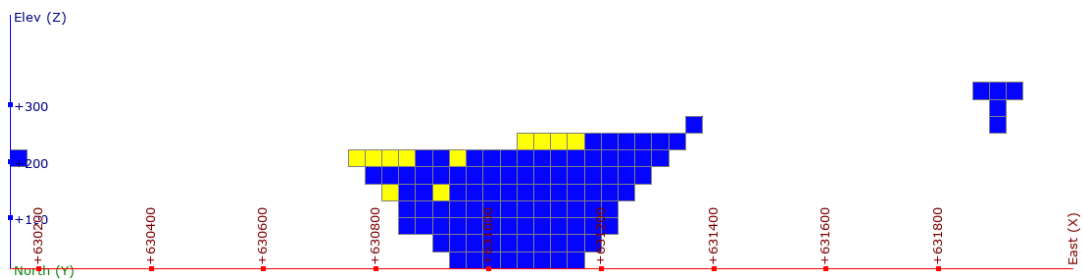
## 6.11 E3-Fri

I fig. 6.54-6.56 er E3-Fri vist. Dagbruddsformen i E3-Fri er formet som ett brudd i midten av reguleringsgrensen for dagbrudd, med to striper ved siden av. Modellen har en kumulativ NNV på 1909.6 millioner kroner.

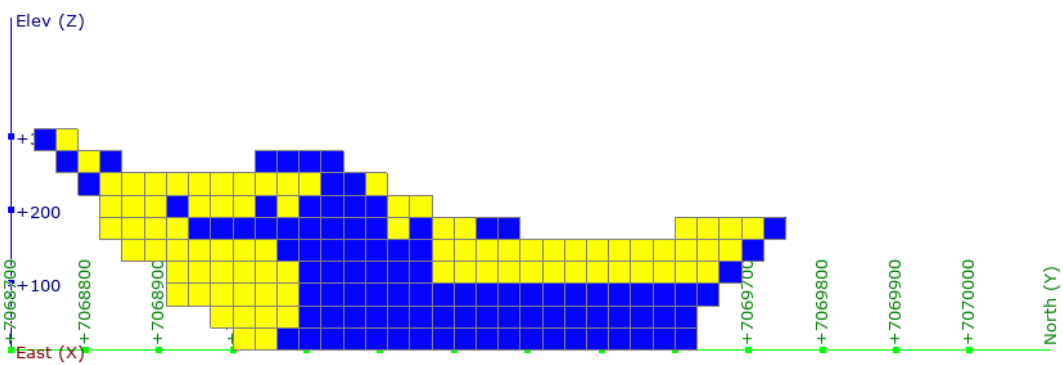
Total produksjon er gitt i fig. 6.57.



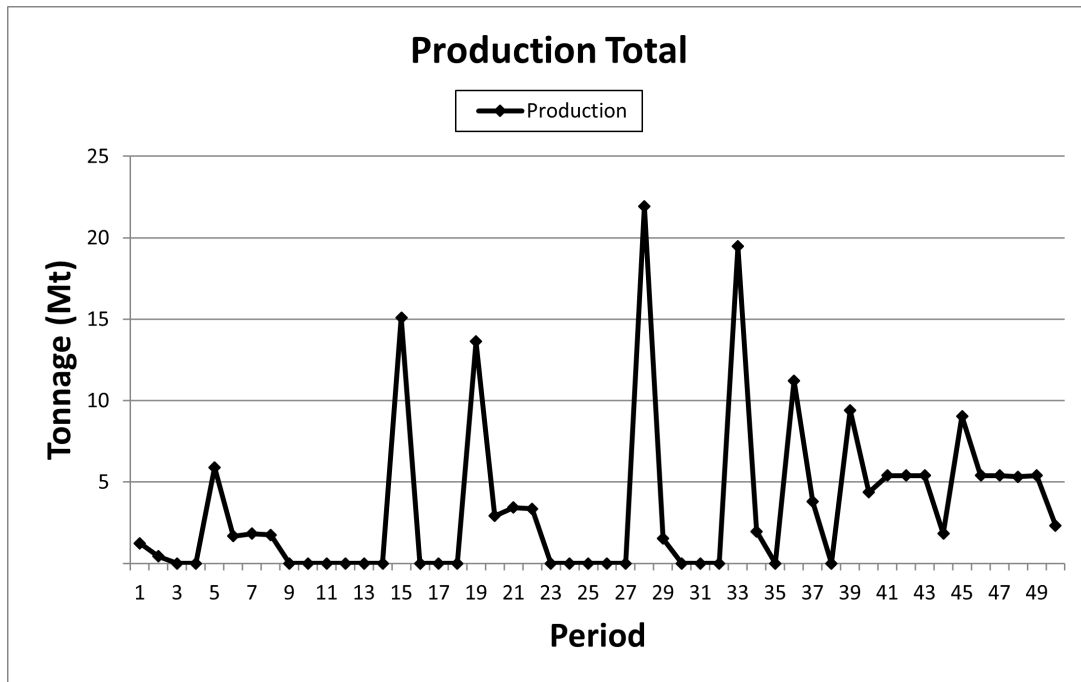
Figur 6.54: Modell E3-noavg sett onvenifra



Figur 6.55: E3-noavg tversnitt A-A'



Figur 6.56: E3-noavg tversnitt B-B'



Figur 6.57: Total produksjon for E3-noavg

## 6.12 Felles trekk

Alle modellene utenom E3-Fri som ikke har krav til kjemi og E3-prodlim som ikke produserte noe materiale, har hatt kjemiske krav i brutt ved destinasjonen standard eller standard2. Pure og Pure2 destinasjonene for alle modellelene har hatt sine kjemiske krav oppfylt. Den 'hakkete' produksjonen bare resultat av produksjon i standard og standard2 destinasjonene, Pure og Pure2 oppfylder de totale produksjonskravene satt i produksjonsfanen. Unntaket er E1-alt, der Pure destinasjonen bryter kjemiske og produksjons begrensninger.

## 7 Diskusjon

### 7.1 Økonomisk blokkmodellering

#### 7.1.1 Eksport og import av blokkmodell

Under eksport og klargjøring for bruk i Miningmath, ble blokkmodellen fra Verdalskalk endret. Tab. 6.2 som viser endringen av andel av kvaliteter i dagbruddet viser dette tydelig. Blokkene fra blokkmodellen til Verdalskalk AS består av varierende størrelser, og i alle områder der blokkstørrelsen er mindre enn 30m x 30m x 30m vil nøyaktigheten til de kjemiske parametrene falle. En annen konsekvens av re-blokkeringen ble at blokk kvaliteten falt. Kjemiske parametre under re-blokkeringen ble regnet ut som et gjennomsnitt av de kjemiske parametrene i blokkene som utgjorde den nye blokken, og derfor kan en blokk av dårligere kvalitet være utgjørende for å nedgradere en blokk. Påvirkningen av re-blokkeringen på modellering vil ikke være stor, ettersom forekomsten inneholder lite waste.

#### 7.1.2 Økonomiske parametre

Blokkverdiene i den økonomiske blokkmodellen er beregnet med 3 variabler; tonnpris for hver kvalitet, tonnkostnad og transportkostnad. Blokkverdiene beskriver bare de økonomiske forholdene i Tromsdalen dagbrudd. Dette vil si at ingen av kostnadene og fortjenestene til kalksteinen som forekommer utenfor Verdalskalk Tromsdalen er med i den økonomiske blokkmodellen.

Dette er fordi den økonomiske blokkmodellen hadde økt i kompleksitet betraktelig hvis disse forholdene hadde blitt inkludert, og tidlig i prosessen av modellering med Miningmath var det tydelig at problemer oppstår selv med en enklere økonomisk blokkmodell. I et forsøk på å minimere feilkilder og spare tid til modellering ble det valgt en enklere metode for økonomisk blokkmodellering.

For å lage en mer komplett og realistisk økonomisk blokkmodell ville det måtte være en ny destinasjon for; salg av pure til Norfrakalk, foredling av pure ved hylla, salg av cement kvalitet ved Verdal havn, salg av standard kvalitet ved Verdal havn, salg av pure kvalitet ved Verdal havn. Ved flytting av anlegget og ved bruken av transportbånd ut av dagbruddet, vil transportkostnadene bli en fast kostnad, og transportkostnader må regnes om på nytt. For å representere dette trengs det flere destinasjoner.

En feilkilde som er funnet i den økonomiske blokkmodellen er at de variable transportkostnadene er lagt til total tonnkostnad, som inneholder en gjennomsnittlig transportkostnad. Den gjennomsnittlige transportkostnaden er på 10kr per tonn, og de variable transportkostnadene er på 7.7 kr per 100 meter i vertikal retning og 1 kr per 100 meter i horisontal retning. Dette kan utgjøre en stor forskjell på kumulativ NNV i modelleringene.

### 7.2 Parametre valgt

Bruddvinkel er valgt til å være 52° i Miningmath. Dette er fordi dette er standarden gitt av *Driftsplanveiledere, Direktoratet for Mineralforvaltning* (2021). Det var også forsøkt og bruke variabel bruddvinkel basert på informasjon gitt av Ruiz (2022), men på grunn av problemene ved modellering ble det ikke no tid.

Diskonteringsrenten er satt til 10% i Miningmath og er basert på artikkelen Campos, Arroyo Ortiz og Morales Varela (2018).

Minimumbredden i er valgt til å være 100m i E3-Resrict.alt-miks-bw. Parameteren er valgt med bakgrunn i Multiconsult og Mork (2017), der det er fastsatt at dagbruddet i Verdalskalk må utvikles i som et brudd. En minimumsbredde ville ha økt sannsynligheten for dette, men det ble ikke bekreftet på grunn av komplikasjoner ved modelleringen av modellen.

I Prodlim produksjonsoppsettet ble de produksjonskapasitetene valgt med bakgrunn i mengden av kvaliteter innenfor reguleringsgrensen, vist i tab. 6.2.

Den langsiktige dagbruddsplanen ble valgt til å være 50år med bakgrunn i T. B. Johnson (1968) og Osanloo, Gholamnejad og Karimi (2008). Johnson sin definisjon av langsiktig dagbruddsplan er definisjon av det endelige bruddet, som med størrelsen av forekomsten i Tromsdalen er urealistisk å gjennomføre. Osanloo derimot definerer tidsrommet for en langsiktig dagbruddsplan til rundt 20-30år. Et kompromiss mellom de to ble valgt.

### 7.3 Direkte blokkplanlegging med Miningmath

Fra første modellering av E1 er produksjonen 'hakkete', som ikke gir mening med tanke på makisering av NNV når blokkveriden faller i verdi hvert år. I periodene det er produksjon, er produksjonen i Econstandard som har blanke felt i produksjonsfanen er ofte flere ganger høyere enn total produksjon satt i produksjonsfanen til Miningmath. I alle modellene untatt E1-alt er også de kjemiske kravene for destinasjonen Econstandard brutt. I andre modeller ble også maksimum av tonnasje som er mulig å utvinne i henhold til produksjonsplanen over hele den langsiktige brutt, denne situasjonen blir fra dette punktet referert til som 'totalt uttak'. Disse problemene går igjen i mange av modellene og årsakene diskuteres senere.

#### 7.3.1 E1, E1-alt og E2

Modellene E1 og E2 ble kjørt for å validere at alle destinasjonene fungerer, slik at problemer med E3 ikke ville være forårsaket av E1 og E2. Begge modellene oppfører seg likt, og sentrum av modellene befinner seg over nullpunktet til transportkostnadene til deres respektive økonomiske destinasjoner. I E2 henter modelleringen blokker utenfor reguleringsgrensen. På grunn av måten blokkmodellering er estimert av Verdalskalk, faller alle kjemiske parametre mot null utenfor reguleringsgrensen. Derfor kan det å hente blokker utenfra reguleringsgrensen være hensiktsmessig for algoritmen med henhold til å få gjennomsnittet av forurensning ned. Likevel faller CaO også til null i likhet med resten av de kjemiske parametrene. Dette vil ikke utgjøre noen forskjell videre i modelleringen ettersom grensene vil bli fulgt ved bruk av overflatefiler.

E1-alt ble kun modellert for å vise at destinasjonene med produksjonskapasitet som ikke er 'blanke felt', se tab. 5.6 vil ikke bli påvirket av relaksasjoner i begrensningene som følge av Miningmath sin algoritme.

#### 7.3.2 E1-alene og E2-alene

E1-alene og E2-alene ble kjørt for å utforske muligheten av at falske(inerte) destinasjoner kan påvirke modelleringen. Hvis modelleringene av E1-alene og E2-alene er forskjellige fra



E1 og E2, vil det bevise at det å bruke falske destinasjoner påvirker modelleringen. E1-alene varierer minimalt fra E1, modellene er tilnærmet like og kumulativ NNV øker med 0.5% i E1-alene. E2-alene varierer mer drastisk fra E2, med store forskjeller i uttaksekvenser, bruddutforming og en variasjon i 13.4% i kumulativ NNV.

Fig. 6.23 at uttaksekvensen for E2 er veldig påvirket av vertikal avstand, der hvert år produksjon skjer, vil uttaket bare foregå på ett nivå. Dette kan forklares med at vertikal transportkostnad er 770% større enn horisontal transportkostnad. Denne kostnaden gjelder også for E2-alene, men likevel minner uttaksekvensen for E2-alene i fig. 6.28 mer om en mer konvensjonell uttaksekvens. Forskjellene mellom modellene som bruker falske destinasjoner og de som bare har ett sett med destinasjoner beviser at falske destinasjoner påvirker modelleringen. Hvordan og hvor mye er ikke mulig å vite basert på ett uttak av to sammenlikninger.

### 7.3.3 E1-restrict og E2-restrict

E1-restrict og E2-restrict viser at restrict mining er effektivt til å begrense bruddutviklingen ut av reguleringsområde på begge modellene. Tverrsnittene A-A' og B-B' i E2-restrict viser også at kote restriksjonene til restrict mining fungerer.

### 7.3.4 E1-restrict/force, E2-restrict/force og E2-res.alt

Force mining ble forsøkt brukt til å drive området til anlegg2 ned til kote 120 for å fasilitere for flytting av anlegget til en planlagt kote etter 15år med drift. På grunn av 'hakkete' drift, fungerer ikke force mining som alternativ i gruveplanleggingen. Med stabil produksjon hadde force mining vært en god løsning på problemet, men usikkerheten til når drift forgår i modelleringene, gjør planlegging umulig.

I E2-restrict/force ble også modelleringen helt ugjennomførbar. Frem til denne modellen har begrensningen av tonnasje i periodene vært brutt konsekvent i alle modellene, men E2-restrict/force ble også den begrensningen for total tonnasje gjennom hele den langsiktige planen brutt. I tillegg ble alt av materiale utvunnet etter perioden force mining overflatefilen var i bruk, slik at alt unntatt massen i anlegg2 ble utvunnet. Se fig. 6.41.

E2-Restrict.alt ble modellert som alternativ løsning til å bruke force mining. Ved å bruke overflatefilen RestrictABC\_alt vil ikke området for anlegg2 tvinges til kote 120 før år 15, men etter E2-destinasjonene blir aktive i E3 vil modelleringen insentiveres til å drive området ned til kote 120. Dette vil gjøre gruveplanen må manuelt modifiseres i etterkant av modelleringen.

### 7.3.5 E3 og variasjoner

Modellene E3, E3-restrict.alt, E3-restrict.alt-miks og E3-restrict.alt-miks-bw hadde 'totalt uttak'. E3 er i likhet med E1 og E2 en modell med falske destinasjoner, forskjellen ligger i at i E3 er ikke de falske destinasjonene inerte gjennom hele modelleringen. Denne forskjellen viser seg til å være utslagsgivende på om 'totalt uttak' forekommer.

Ettersom Miningmath nødvendigvis ikke gir bedre resultat med færre begrensninger, ble E3-restrict.alt, E3-restrict.alt-miks og E3-restrict.alt-miks-bw gjennomført. E3-prodlim er kjørt med produksjonsoppsettet som er vist i tab. 5.7, og produserte ingen tonnasje, og dette forklares senere. E3-noavg, som ikke har noen begrensninger i kjemisk innhold i destinasjo-

nene, fikk ikke et 'totalt uttak'. Dette viser at det er kjemiske kravene til produktene også er utslagsgivende på 'totalt uttak' slik som de falske destinasjonene.

### 7.3.6 'Hakkete drift' og total produksjon

I forekomster av metallisk malm vil Miningmath sin algoritme velge blokker i hver periode som maksimerer gehalten av det verdifulle metallet. For hver periode blir gjennomsnittshalten av blokkene som blir produsert i en destinasjon den 'optimale' gehalten av grensningen for et produkt. Hvis vi antar at metall forekomsten er uten forurensning blir målet til Miningmath å øke maksimere gehalten innenfor begrensningene til prosesseringen for igjen maksimere NNV. Hvis en forurensning er tilstede i forekomsten som har muligheten til å klassifisere en blokk som avfall i prosesseringen, vil løsningen som øker utvinningsgraden og derav NNV til forekomsten være å mikse blokker i hver periode slik at innholdet av det forurensede stoffet er maksimert opptil det prosessen kan tåle. Gehalten til det verdifulle mineralet forblir maksimert. Hver gang et forurensende stoff blir introdusert til denne forekomsten vil problemet øke i kompleksitet.

I denne oppgaven er Miningmath sin algoritme brukt på en industrimineralforekomst av kalkstein der det verdifulle mineralet er  $\text{CaCO}_3$ . Forskjellene i praksis mellom forekomsten i Tromsdalen og for tilfellet beskrevet over blir at den beste løsningen for å maksimere utnyttelsen av forekomsten og derav NNV i dette tilfellet ikke blir å maksimere gehalten for det verdifulle mineralet i hver periode. Den beste løsningen er å holde gehalten lik kravet til prosesseringen, eller i dette tilfellet produktene. En økning i gehalten vil ikke øke fortjenesten, på grunn av at produktet fra brukes til samme formål, og øker heller ikke i mengde. Derfor vil maksimering av gehalten av  $\text{CaO}$  bare gjøre det vanskeligere å prosessere produkter av de bedre kvalitetene i senere perioder. Om denne forskjellen utgjør en forskjell som påvirker Miningmath sin algoritme er ikke kjent.

I kalksteinforekomsten til Verdalskalk finnes det fem forurensninger som øker kompleksiteten til forekomsten. I fig. 6.2-6.6 er variasjonen til de kjemiske parametrene for hver produktkvalitet vist. For at to blokker av forskjellig kvalitet skal mikses til den blokken som har høyere produktkvalitet, må gjennomsnittet av alle de kjemiske stoffene være over kvalitetskravet til den destinasjonen. Dette vil være usannsynlig utifra boksplokkene. For eksempel for  $\text{FeO}_3$  er rundt 50% av blokkene av standard og cement kvalitet under kvalitetskravet for henholdsvis Econpure og Econstandard. Dette er ikke tilfellet for alle de kjemiske stoffene, men på grunn av mengden av forurensende kjemiske stoffer i forekomsten er sannsynligheten for miksing av to blokker liten. Denne effekten økes ved bruk av en estimert blokkmodell, på grunn av lav variasjon i gehalter. På grunn av at variasjonen er mindre enn virkeligheten kan det forekomme større områder som ikke egnes for miksing av blokker i modellen. Dette kan løses ved bruk av en simulert blokkmodell som øker standardavviket til alle gehaltene, og gjør det mulig for bedre forhold for miksing av blokker.

Selv med disse begrensningene ved miksing, burde Miningmath kunne drive stabilt på operasjonelle hensyn uten å utvinne store mengder samtidig. Den økonomiske blokkmodellen består av 95.9% av blokker med positiv verdi.

I prioritetsrekkefølgen av begrensninger til algoritmen til Miningmath er 'Total produksjon' og 'Average' (kjemiske krav) begrensninger som kan modifiseres eller fjernet hvis løsningen etter steg 3 i algoritmen ikke er gjennomførbar, se fig. 3.3. I denne oppgaven modifiseres

total produksjon og kjemiske krav for periodene ofte og i alle modellene. Selv om total produksjon endres i modelleringen, vil ikke produksjonskapasitetene til destinasjonene som er satt likt til total produksjon i produksjonsfanen endres eller fjernes. Dette vises i at alle modellene untatt i E1-alt der Econstandard er satt lik totalproduksjonen for periodene for å bevise dette. I alle modellene untatt E1-alt vil derfor Econpure og Econpure2 ikke være subjekt til relaksasjoner i begrensinger.

Dette kan være en av grunnene til at E3-prodlim ikke har produksjon. I E3-prodlim er har ingen av destinasjonene 'blanke felt' slik at produksjonskapasitetene er oppfylt for hver periode. Siden modellen trenger ett stort utvalg av blokker for miksing vil den ikke klare å utvinne forekomsten. Den økonomiske blokkmodellen har bare 4,1% av avfall og alle blokkene i reguleringsområdet har positiv verdi uansett hvilken destinasjon den blir produsert i. Det er derfor uvisst hvorfor E3-prodlim ikke utvinner blokker uten å mikse.

Det er også ikke forstått hvorfor flere begrensninger enn kjemiske krav blir fjernet. Hvis kjemiske krav blir fjernet slik som den blir gjort i modellene, burde E1 kunne produsere tonnasje stabilt for å maksimere NNV. Siden Econstandard ikke har kjemiske krav i modellene er det veldig oppnåelig å produsere standard produkt, og E1 har ingen andre operasjonelle begrensninger enn bruddvinkel.

## 7.4 Utvinningsgrad og kontroll

En del av oppgaven er å finne løsninger som øker utvinningsgraden av forekomsten og kontroll over dagbruddsplanleggingen. Dette ble utfordrene i denne oppgaven, men det lykkes ved noen aspekter. Restrict mining funksjonen til Mininmath fungerer godt til kontrollering av uttak. Det å bruke force mining funksjonen til å tvinge utvinning av områder fungerer ikke for modellene. Om det er på grunn av funksjonaliteten som ikke er egnet, eller om det er på grunn av den 'hakkete' produksjonen er ikke mulig å verifisere. Det er mulig å konkludere at bruken av force mining øker sannsynligheten for modifisering eller fjerning av begrensninger, ettersom force mining var utslagsgivende for fjerningen av begrensning av total produksjon i E2-res/force.

Bruken av tonnasje til å kontrollere dagbruddsutviklingen er en metode som ikke ble testet som følge av komplikasjoner ved modellering av E3 og E3 sine variasjoner. I blokkmodellen er det satt opp tonnasje for Leirsett eiendommen og alle kvalitetene, slik at hvis ingen begrensninger hadde vært modifisert eller fjernet, kunne det vært mulig å kontrollere tonnassen i miksing, uttak fra områder og total utvinning av en kvalitet.

For å maksimere utvinningsgraden er produksjon av cement kvalitet viktig, både som en del av miksing med andre blokker og som produkt. Av operasjonelle hensyn er det også viktig med høy produksjon av cement produktet på grunn av en forventet økning i etterspørsel. Det ble forsøkt å kontrollere cement produksjon i E3-restrict.alt-miks, men modelleringen gav ingen gjennomførbar dagbruddsplan. Cement ble heller ikke produsert i andre modeller på grunn av at standard destinasjonen sin produksjonskapasitet og kjemiske kvalitetkrav ble modifisert eller fjernet. Siden NNV er optimaliseringskriteriet ble standard produsert.

## 7.5 Direkte blokkplanlegging på industrimineralforekomst

Det virker som om algoritmen til Miningmath ikke er optimalisert på industrimineralforekomster/Tromsdalen forekomst. Dette er på grunn av forskjellene i prosesseringen. Når en metallisk malm blir prosessert er verdien av malmen direkte avhengig av gehalten til det ønskelige metallet. Denne verdien er representert i den økonomiske blokkmodellen til den metalliske forekomsten. Resultatet er en variasjon i blokkverdi, som varierer med gehalten i forekomsten. I den økonomiske blokkmodellen brukt i denne oppgaven er det bare variasjon i blokkverdi som følge av transportkostnader, og ingen romlig variasjon utenom det. Når blokken blir 'prosessert' får den en av fire standardverdier, hvor realistisk sett bare tre blir brukt minus avstanden den tok til anlegget. Dette er en veldig forenklet sammenlikning men illustrerer forskjellen mellom valgene algoritmen har. Jeg tror ikke dette er hovedproblemet til Miningmath i modelleringen, men kan ha en påvirkning. Fra et erfaringsgrunnlag tror jeg at hovedproblemet til Miningmath er en for ambisiøs algoritme som lager sine egne problemer.

## 8 Konklusjon

- Den økonomiske blokkmodellen reflekterer ikke alle prisene og kostnadene i Verdalskalk AS Tromdalen, men mindre komplisert for optimert bruk i Miningmath.
- I Miningmath er det muligheter for ekstensive begrensninger og kontroll over utvikling av dagbruddet, men for mange begrensninger fører til ugjennomførbare resultater. Dette gjør det vanskelig å implementere begrensningene som er nødvendig for en realistisk gruveplan.
- Det er ikke hensiktsmessig å bruke direkte blokkplanlegging i industrimineralforekomster enda. Direkte blokkplanlegging må modne mer, eller må en ny metodikk må utvikles for bruk i industrimineralforekomster.

## 9 Referanseliste

- Lerch, H. og F. Grossman (1965). «Optimum Design of Open-Pit Mines». I.
- Johnson, T. B. (1968). *Optimum open pit mine production scheduling*. California university, Berkeley operations center.
- Multiconsult og H. Mork (2017). «Tromsdalen Kalkbrudd, Verdal». I.
- Pedersen, A. H. (2014). «Large-Scale Underground Mining in Tromsdalen: With focus on dimensioning and design of stopes and pillars». I: 183.
- Lang, A. M., K. Aasly og S. L. Ellefmo (jan. 2018). «Mineral characterization as a tool in the implementation of geometallurgy into industrial mineral mining». I: *Minerals Engineering* 116, s. 114–122. ISSN: 08926875. DOI: 10.1016/j.mineng.2017.10.021.
- Osanloo, M., J. Gholamnejad og B. Karimi (2008). «Long-term open pit mine production planning: A review of models and algorithms». I: *International Journal of Mining Reclamation and Environment*, s. 3–35. DOI: 10.1080/17480930601118947.
- Driftsplanveiledere, Direktoratet for Mineralforvaltning* (2021). URL: <https://www.dirmin.no/driftsplanveiledere> (sjekket 22.06.2022).
- Dagdelen, K. (2006). «Pit Optimization-Strategies for Improving Economics of Mining Projects Through Mine Planning». I.
- Songolo, M. (2010). «Pushback Design using Genetic Algorithms». Ph.d.-avh. DOI: 10.13140/2.1.4065.6169.
- Barr, D. (2022). «Stochastic Dynamic Optimization of Cut-off Grade in Open Pit Mines». I.
- Whittle, J. (1998). *Facts and Fallacies of open pit optimalization*.
- Campos, P., C. Arroyo Ortiz og N. Morales Varela (2018). «Application of optimized models through direct block scheduling in traditional mine planning». I: *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy* 118, s. 381–386. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n4a8.
- Dagdelen, K. og T. Johnson (1986). «Optimum open pit mine production scheduling by Lagrangian parameterization». I: *19th Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industries (APCOM) symposium, Littleton*, s. 127–141.
- Ramazan, S. (des. 2008). «Stochastic integer programming for optimising long term production schedules of open pit mines: Methods, application and value of stochastic solutions». I: *Mining Technology* 117, s. 155–160. DOI: 10.1179/174328609X417279.
- Chicoisne, R. mfl. (2012). «A New Algorithm for the Open-Pit Mine Production Scheduling Problem». I: *Operations Research* 60. DOI: 10.2307/23260150.
- MiningMath's Knowledge Base - Theory Behind* (2022). URL: <https://knowledge.miningmath.com/start-here/theory-behind> (sjekket 25.06.2022).
- Mima (2022). *Guaranteed Solutions*. MiningMath. URL: <https://forum.miningmath.com/docs/knowledgebase/theory/guaranteed-solutions/> (sjekket 25.06.2022).
- Miningmath (2022a). *Optimization Hints*. URL: <https://forum.miningmath.com/docs/knowledgebase/tips-and-tricks/optimization-hints/> (sjekket 28.06.2022).
- (2022b). *In-depth Algorithm*. MiningMath. URL: <https://forum.miningmath.com/docs/knowledgebase/theory/algorithm/> (sjekket 27.06.2022).
- Armstrong, M. (1998). *Basic Linear Geostatistics*. Springer Berlin, Heidelberg. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-58727-6>.
- Egaña, M. og J. Ortiz (2013). «Assessment of RMR and Its Uncertainty by Using Geostatistical Simulation in a Mining Project». I: *Geomechanics and Geoengineering* 8, s. 83–90.
- Eivazy, H. (2016). «3D Block Modeling of Geomechanical Properties using Conditional Simulation Method». I.

- Carvalho, L. mfl. (2018). «Impact of grade distribution on the final pit limit definition». I: *REM - International Engineering Journal* 71, s. 621–629. DOI: 10 . 1590 / 0370 - 44672017710150.
- Morales, N. mfl. (2015). «A Comparison of Conventional and Direct Block Scheduling Methods for Open Pit Mine Production Scheduling». I.
- Burgarelli, H. R. mfl. (2018). «Direct block scheduling under marketing uncertainties». I: *REM - International Engineering Journal* 71. Publisher: Fundação Gorceix, s. 275–280. DOI: 10 . 1590/0370-44672017710128.
- Ruiz, J. (2022). Privat kommunikasjon. Geolog, Verdalskalk AS.
- Johansen, K. A. (2022). Privat kommunikasjon. Økonomisjef, Verdalskalk AS.
- Hole, E. B. (2021). «Optimalisering av økonomisk blokkmodell for direkte blokkplanlegging». I.

## 10 Vedlegg

### 10.1 Kjemisk innhold for destinasjoner

PERIOD	Pure		Output_Metal		Input_Grade		Output_Metal		Input_Grade		Output_Metal		Input_Grade		Output_Metal		Input_Grade	
	TONNAGE_kt	_al2o3_kt	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%				
1	145.8	0.222	0.148	0	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014				
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3	1385.1	2.62	0.189	0	760.55	54.909	0.75	0.054	0.05	0.004	5.7	0.412	0.25	0.018				
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
11	2259.9	2.75	0.122	0	1238.75	54.814	1.3	0.057	0.09	0.004	6.95	0.308	0.41	0.018				
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
19	2843.1	2.76	0.097	0	1561.63	54.927	1.33	0.047	0.12	0.004	7.06	0.248	0.56	0.02				
20	2332.8	3.8	0.163	0	1281.54	54.936	1.39	0.06	0.09	0.004	9.8	0.42	0.41	0.018				
21	510.3	0.67	0.131	0	280.26	54.92	0.3	0.058	0.02	0.004	1.75	0.343	0.09	0.018				
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
26	3863.7	4.9	0.127	0	2120.05	54.871	2.24	0.058	0.16	0.004	12.85	0.333	0.76	0.02				
27	3645	6.63	0.182	0	2000.14	54.874	2.18	0.06	0.15	0.004	17.07	0.468	0.61	0.017				
28	3207.6	5.23	0.163	0	1780.38	54.882	1.89	0.059	0.14	0.004	15.08	0.47	0.57	0.018				
29	2916	4.93	0.169	0	1601.34	54.916	1.74	0.06	0.13	0.005	12.31	0.422	0.54	0.018				
30	656.1	1.03	0.157	0	360.4	54.931	0.38	0.057	0.03	0.004	2.36	0.359	0.13	0.019				
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
33	4374	5.45	0.125	0	2406.53	55.019	1.86	0.043	0.17	0.004	15.1	0.345	0.82	0.019				
34	2259.9	3.21	0.142	0	1238.66	54.81	1.33	0.059	0.09	0.004	8.57	0.379	0.43	0.019				
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
36	4374	5.05	0.116	0	2400.62	54.884	2.18	0.05	0.19	0.004	15.52	0.355	0.81	0.018				
37	3280.5	4.78	0.146	0	1803.73	54.983	1.97	0.06	0.13	0.004	13.04	0.397	0.59	0.018				
38	2551.5	3.31	0.13	0	1398.34	54.805	1.5	0.059	0.11	0.004	11.66	0.457	0.48	0.019				
39	1239.3	1.39	0.112	0	680.61	54.919	0.73	0.059	0.06	0.004	3.91	0.316	0.25	0.02				
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
41	5394.6	7.75	0.144	0	2961.82	54.903	2.82	0.052	0.22	0.004	23.56	0.437	0.96	0.018				
42	3717.9	5.89	0.158	0	2034.67	54.726	2.22	0.06	0.15	0.004	17.59	0.473	0.68	0.018				
43	2259.9	3.85	0.17	0	1238.03	54.783	1.34	0.059	0.11	0.005	11.11	0.492	0.41	0.018				
44	5394.6	6.8	0.126	0	2953.62	54.751	2.65	0.049	0.24	0.004	23.19	0.43	0.99	0.018				
45	801.9	1.41	0.175	0	440.14	54.887	0.48	0.059	0.04	0.005	3.71	0.462	0.15	0.019				
46	218.7	0.34	0.154	0	120.77	55.223	0.1	0.048	0.01	0.004	0.88	0.402	0.04	0.02				
47	291.6	0.36	0.123	0	159.94	54.85	0.17	0.058	0.01	0.005	1.06	0.362	0.06	0.02				
48	5394.6	6.32	0.117	0	2955.65	54.789	2.9	0.054	0.24	0.004	20.83	0.366	1.03	0.019				

Figur 10.1: El-alene, rapport for Pure destinasjonen



PERIOD	Standard	TONNMAE_kt	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
		_al2o3_kt	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%				
1	72.9	0.21	0.288	39.77	54.56	0.13	0.177	0	0.003	0.55	0.756	0.01	0.015					
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
3	25515	4.33	0.17	1397.19	54.759	2.12	0.083	0.09	0.003	11.41	0.447	0.35	0.014					
4	510.3	0.73	0.144	243.54	47.726	0.43	0.084	0.02	0.003	2.18	0.427	0.05	0.01					
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
11	11007.9	13.55	0.123	5949.76	54.05	6.12	0.056	0.41	0.004	32.32	0.294	2.05	0.019					
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
19	20776.5	25.51	0.123	11406.69	54.902	12.95	0.062	0.83	0.004	66.09	0.318	3.9	0.019					
20	563.2	1.84	0.315	294.75	50.54	1.17	0.185	0.02	0.003	4.82	0.826	0.08	0.014					
21	437.4	1.17	0.267	237.81	54.368	0.79	0.18	0.02	0.004	3.28	0.75	0.08	0.017					
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
26	15965.1	19.79	0.124	8771.79	54.944	10.07	0.063	0.63	0.004	53.41	0.335	2.32	0.018					
27	218.7	0.63	0.29	119.26	54.53	0.41	0.189	0.01	0.005	2.7	1.234	0.02	0.007					
28	656.1	1.95	0.298	356.52	54.34	1.21	0.185	0.03	0.004	6.5	0.991	0.12	0.018					
29	1020.6	3.13	0.307	552.13	54.099	2.03	0.199	0.05	0.005	12.77	1.252	0.18	0.017					
30	947.7	3.07	0.323	513.54	54.188	2.11	0.222	0.05	0.005	11.8	1.245	0.12	0.013					
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
33	11153.7	17.56	0.157	6074.92	54.465	9.32	0.084	0.46	0.004	51.45	0.461	1.97	0.018					
34	1020.6	2.46	0.241	554.78	54.358	1.54	0.15	0.06	0.006	10.57	1.036	0.19	0.018					
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
36	5540.4	12.27	0.221	3023.4	54.57	6.98	0.126	0.29	0.005	48.61	0.877	1.04	0.019					
37	1093.5	2.27	0.208	598.21	54.706	1.27	0.116	0.05	0.005	7.44	0.881	0.2	0.019					
38	1822.5	6.13	0.337	989.14	54.274	4.04	0.222	0.12	0.007	31.12	1.707	0.36	0.02					
39	218.7	0.44	0.199	119.23	54.517	0.25	0.116	0.01	0.005	1.32	0.602	0.04	0.02					
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
41	7362.9	16.24	0.221	4024.6	54.66	8.63	0.117	0.35	0.005	53.06	0.721	1.38	0.019					
42	1676.7	6.04	0.36	902.69	53.837	4.13	0.246	0.15	0.009	45.56	2.717	0.28	0.017					
43	3134.7	7.42	0.237	1702.68	54.317	5.02	0.16	0.2	0.006	41.36	1.319	0.61	0.02					
44	5467.5	13	0.238	2983.69	54.571	7.71	0.141	0.28	0.005	43.21	0.79	1.11	0.02					
45	4592.7	10.49	0.228	2502.4	54.487	6.65	0.145	0.26	0.006	39.27	0.855	0.93	0.02					
46	5175.9	12.51	0.242	2820.89	54.501	8.51	0.164	0.27	0.005	40.31	0.779	1.1	0.021					
47	3290.5	7.67	0.234	1788.04	54.505	4.91	0.15	0.19	0.006	26.08	0.795	0.67	0.02					
48	5030.1	9.45	0.188	2748.59	54.643	6.84	0.136	0.26	0.005	29.64	0.589	1.01	0.02					

Figur 10.2: E1-alene, rapport for Standard destinasjonen

PERIODE	Pure TOWNAGE _kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _sio3_kt	Input_Grade _sio3_%
1	145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1385.1	2.18	0.158	760.97	54.939	0.79	0.057	0.05	0.004	5.33	0.385	0.21	0.015
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	2259.9	2.67	0.118	1242.15	54.965	1.35	0.06	0.09	0.004	6.22	0.275	0.43	0.019
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	3353.4	4.23	0.126	1840.97	54.899	1.96	0.058	0.13	0.004	11.39	0.34	0.64	0.019
22	2405.7	4.75	0.197	1320.86	54.905	1.44	0.06	0.1	0.004	11.68	0.486	0.42	0.017
23	1166.4	2.12	0.181	641.31	54.982	0.69	0.059	0.05	0.004	5.33	0.457	0.22	0.018
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	3863.7	4.66	0.121	2124.6	54.969	2.23	0.058	0.15	0.004	13.01	0.337	0.71	0.018
29	1676.7	2.14	0.127	919.36	54.831	1	0.06	0.07	0.004	6.12	0.365	0.31	0.018
30	2405.7	4.24	0.176	1319.2	54.896	1.44	0.06	0.11	0.004	10.95	0.455	0.43	0.018
31	2478.6	4.33	0.175	1361.39	54.926	1.48	0.06	0.11	0.004	11.81	0.476	0.43	0.017
32	2259.9	3.47	0.153	1240.29	54.883	1.35	0.06	0.09	0.004	8.91	0.394	0.39	0.017
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	4374	5.03	0.115	2403.51	54.95	2.18	0.05	0.17	0.004	14.24	0.325	0.81	0.019
37	1166.4	1.48	0.127	639.65	54.839	0.7	0.06	0.05	0.004	4.52	0.387	0.22	0.018
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	4374	5.26	0.12	2400.82	54.869	2.38	0.054	0.19	0.004	15.86	0.363	0.82	0.019
40	2843.1	3.84	0.135	1561.07	54.907	1.69	0.06	0.11	0.004	10.73	0.377	0.53	0.019
41	1312.2	2.17	0.165	717.73	54.697	0.79	0.06	0.05	0.004	5.81	0.443	0.22	0.016
42	1968.3	2.42	0.123	1078.97	54.817	1.18	0.06	0.09	0.004	7.33	0.372	0.38	0.019
43	145.8	0.12	0.08	80.34	55.1	0.06	0.042	0.01	0.005	0.31	0.21	0.03	0.02
44	5394.6	7.56	0.14	2958.61	54.844	3.05	0.057	0.24	0.004	22.88	0.424	1.01	0.019
45	291.6	0.51	0.176	160.42	55.013	0.17	0.059	0.01	0.005	1.33	0.455	0.06	0.021
46	5394.6	7.28	0.135	2956.97	54.814	2.67	0.05	0.24	0.004	24.16	0.448	1.02	0.019
47	5394.6	5.67	0.105	2956.34	54.802	2.55	0.047	0.24	0.004	20.27	0.376	1.01	0.019

Figur 10.3: E2, rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	Standard TOMMAGE _kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _stoc2_kt	Input_Grade _stoc2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	218.7	0.4	0.183	119.92	54.833	0.21	0.094	0.01	0.003	1.03	0.471	0.03	0.013
2	2405.7	4.52	0.188	1316.72	54.733	2.01	0.084	0.09	0.004	11.33	0.471	0.37	0.015
3	1676.7	3.5	0.209	841.78	50.205	1.99	0.119	0.06	0.003	10.5	0.626	0.16	0.009
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	12684.6	16.69	0.132	6908.77	54.466	6.99	0.055	0.48	0.004	40.17	0.317	2.31	0.018
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	23765.4	29.94	0.126	13024.9	54.806	14.63	0.062	0.97	0.004	78.03	0.328	4.49	0.019
22	947.7	2.71	0.286	516.35	54.485	1.64	0.173	0.05	0.005	9.98	1.053	0.13	0.014
23	364.5	1.42	0.389	197.96	54.31	0.92	0.251	0.02	0.004	3.99	1.095	0.04	0.012
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	16475.4	22.16	0.135	9046.58	54.91	10.84	0.066	0.68	0.004	64.6	0.392	3.03	0.018
29	2187	5.18	0.237	1191.78	54.494	3.33	0.152	0.12	0.005	21.07	0.963	0.43	0.02
30	1395.1	4.6	0.332	748.97	54.073	2.9	0.21	0.06	0.005	14.94	1.079	0.21	0.015
31	1968.3	6.19	0.314	1022.33	51.94	4.12	0.209	0.11	0.006	28.5	1.448	0.3	0.015
32	1968.3	6.39	0.325	1066.61	54.189	4.32	0.219	0.14	0.007	39.77	2.021	0.35	0.016
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	13486.5	22.95	0.17	7390.96	54.798	12.24	0.091	0.62	0.005	89.2	0.667	2.52	0.019
37	1603.8	3.61	0.225	875.28	54.575	2.18	0.136	0.09	0.005	13.9	0.867	0.31	0.019
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	6050.7	16.55	0.273	3293.43	54.431	10.07	0.167	0.33	0.005	71.04	1.174	1.19	0.02
40	1530.9	3.23	0.211	835.22	54.557	1.95	0.127	0.08	0.005	10.96	0.677	0.31	0.02
41	4082.4	9.01	0.221	2225.16	54.506	5.43	0.133	0.21	0.005	27.9	0.683	0.81	0.02
42	3426.3	7.95	0.232	1868.39	54.531	4.71	0.138	0.18	0.005	30.67	0.695	0.68	0.02
43	291.6	0.65	0.224	159.02	54.535	0.36	0.129	0.01	0.005	1.85	0.634	0.06	0.021
44	10424.7	19.69	0.189	5696.1	54.66	10.54	0.101	0.5	0.005	60.27	0.578	2.03	0.019
45	1822.5	4.77	0.262	993.01	54.486	2.86	0.157	0.1	0.005	16.5	0.905	0.37	0.02
46	6561	12.4	0.189	3583.57	54.619	8.34	0.127	0.33	0.005	38.66	0.589	1.33	0.02
47	5103	10.23	0.2	2787.59	54.626	7.36	0.144	0.27	0.005	30.8	0.604	1.02	0.02

Figur 10.4: E2, rapport for Standard2 destinasjonen

PERIOD	Pure2	TONNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sto2_kt	Input_Grade _sto2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	510.3	0.42	0.083	281.66	55.196	0.26	0.051	0.02	0.004	1.03	0.202	0.09	0.018	
2	1385.1	1.38	0.039	763.24	55.104	0.83	0.06	0.07	0.005	3.58	0.259	0.26	0.019	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	2253.9	2.15	0.095	1245.51	55.114	1.27	0.056	0.08	0.003	8.16	0.361	0.45	0.02	
11	145.8	0.11	0.076	80.48	55.2	0.09	0.06	0.01	0.005	0.53	0.367	0.04	0.025	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	2843.1	2.57	0.09	1568.71	55.176	1.6	0.056	0.1	0.004	7.4	0.26	0.68	0.024	
20	2551.5	4.4	0.172	1405.5	55.085	1.51	0.059	0.1	0.004	10.53	0.413	0.54	0.021	
21	2843.1	3.07	0.108	1564.18	55.017	1.63	0.059	0.11	0.004	10.1	0.355	0.5	0.018	
22	2405.7	2.55	0.106	1323.7	55.024	1.44	0.06	0.1	0.004	7.74	0.322	0.53	0.022	
23	145.8	0.16	0.111	80.36	55.115	0.04	0.03	0	0.003	0.46	0.316	0.01	0.01	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	3963.7	3.74	0.057	2133.51	55.219	2.08	0.054	0.13	0.003	9.37	0.243	0.94	0.024	
29	2187	3.43	0.157	1203	55.007	1.3	0.06	0.09	0.004	9.18	0.42	0.46	0.021	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	4374	4.29	0.098	2417.17	55.262	2.16	0.049	0.15	0.004	11.25	0.257	0.96	0.022	
34	3207.6	5.28	0.165	1765.92	55.054	1.89	0.059	0.14	0.004	13.39	0.417	0.69	0.022	
35	3717.9	5.47	0.147	2046.65	55.048	2.23	0.06	0.13	0.003	14.94	0.402	0.65	0.018	
36	2697.3	3.56	0.132	1485.26	55.065	1.59	0.059	0.12	0.004	10.74	0.396	0.58	0.022	
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	4374	5.18	0.118	2415.87	55.233	2.36	0.054	0.17	0.004	13.11	0.3	1.16	0.027	
40	3493.2	5.21	0.149	1931.19	55.189	2.05	0.059	0.13	0.004	13.31	0.36	0.8	0.023	
41	3207.6	5.5	0.171	1768.2	55.125	1.87	0.058	0.13	0.004	13.68	0.427	0.78	0.024	
42	3280.5	4.57	0.139	1808.88	55.14	1.96	0.06	0.15	0.004	11.7	0.357	0.68	0.021	
43	2332.8	4.34	0.186	1288.55	55.236	1.37	0.059	0.11	0.005	10.94	0.469	0.48	0.02	
44	437.4	0.68	0.156	241.58	55.23	0.26	0.059	0.02	0.005	1.81	0.414	0.09	0.02	
45	5394.6	6.4	0.119	2386.77	55.366	2.98	0.055	0.24	0.004	15.53	0.288	1.29	0.024	
46	5321.7	9.28	0.114	2919.16	54.854	3.18	0.06	0.22	0.004	23.91	0.449	1.41	0.026	
47	5394.6	8.71	0.161	2973.79	55.237	3.23	0.06	0.2	0.004	21.93	0.405	1.79	0.033	
48	4811.4	6.83	0.142	2656.87	55.22	2.88	0.06	0.17	0.004	17.7	0.366	1.23	0.026	
49	4811.4	7.09	0.147	2653.33	55.147	2.87	0.06	0.17	0.003	19.19	0.399	1.12	0.023	
50	2253.9	3.6	0.159	1248.14	55.23	1.3	0.058	0.09	0.004	10.33	0.457	0.5	0.022	

Figur 10.5: E2-alene, rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	Standard2	Output_Metal _alco3_kt	Input_Grade _alco3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _le2o3_kt	Input_Grade _le2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _stio2_kt	Input_Grade _stio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	801.9	1.14	0.142	437.57	54.567	0.81	0.101	0.04	0.005	4.34	0.541	0.16	0.02
3	729	1.14	0.157	398.34	54.642	0.67	0.092	0.03	0.005	3.34	0.458	0.15	0.02
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11882.7	12.83	0.106	6453.39	54.393	7.32	0.062	0.42	0.004	36.04	0.303	3.03	0.025
11	947.7	2.82	0.298	517.1	54.564	1.01	0.107	0.05	0.005	11.02	1.163	0.3	0.032
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20047.5	20	0.1	11062.97	55.184	11.58	0.058	0.72	0.004	55.22	0.275	5.19	0.026
20	364.5	2.88	0.789	197.17	54.094	0.6	0.165	0.02	0.006	7.58	2.079	0.1	0.027
21	583.2	4.21	0.722	316.11	54.203	0.81	0.138	0.03	0.005	13.9	2.384	0.26	0.045
22	947.7	2.35	0.248	512.05	54.031	1.75	0.185	0.06	0.006	9.92	1.047	0.2	0.021
23	72.9	0.12	0.166	39.72	54.49	0.09	0.126	0	0.006	0.52	0.713	0.02	0.021
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	17860.5	27.91	0.156	9846.81	55.132	11.8	0.063	0.68	0.004	77.08	0.432	4.71	0.026
29	656.1	5.16	0.786	352.52	53.729	1.26	0.193	0.04	0.006	20.23	3.083	0.22	0.033
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	13778.1	16.63	0.121	7594.79	55.122	9.11	0.066	0.55	0.004	50.92	0.37	3.78	0.027
34	1166.4	9.95	0.853	630.43	54.049	2.46	0.211	0.07	0.006	32.02	2.745	0.3	0.026
35	583.2	4.96	0.651	315.75	54.141	1.8	0.202	0.04	0.006	13.86	2.377	0.14	0.024
36	1603.8	11.13	0.694	867.07	54.064	3.51	0.219	0.12	0.007	36.49	2.276	0.34	0.021
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	9039.6	12.16	0.141	4975.96	55.046	7.59	0.084	0.41	0.005	39.89	0.441	2.5	0.028
40	874.8	14.37	1.643	470.64	53.799	2.04	0.234	0.06	0.007	39.82	4.552	0.26	0.029
41	2187	8.01	0.366	1182.61	54.075	5.43	0.248	0.14	0.006	33.28	1.522	0.46	0.021
42	2114.1	6.94	0.328	1148.58	54.329	4.87	0.23	0.15	0.007	28.11	1.33	0.44	0.021
43	3061.8	10.49	0.343	1665.35	54.391	7.33	0.239	0.23	0.008	41.18	1.945	0.62	0.02
44	1312.2	5.02	0.383	711.86	54.249	3.18	0.243	0.08	0.006	18.71	1.426	0.27	0.02
45	3717.9	19.35	0.521	2023.02	54.413	6.5	0.175	0.23	0.006	62.29	1.675	0.91	0.025
46	72.9	0.09	0.125	40.12	55.03	0.08	0.116	0.01	0.009	0.23	0.315	0.01	0.02
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	583.2	3.99	0.683	318.59	54.627	1.73	0.126	0.02	0.004	10.32	1.77	0.22	0.037
49	583.2	4.28	0.734	317.06	54.365	1.06	0.182	0.02	0.003	10.47	1.795	0.2	0.034
50	291.6	3.53	1.209	157.76	54.1	0.77	0.263	0.02	0.005	9.26	3.175	0.12	0.042

Figur 10.6: E2-alene, rapport for Standard2 destinasjonen

PERIOD	Pure TOMMASE _kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.07	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1676.7	2.76	0.164	921.48	54.958	0.98	0.058	0.06	0.004	6.93	0.413	0.23	0.014
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	2843.1	3.77	0.133	1563.06	54.977	1.69	0.059	0.11	0.004	9.93	0.349	0.54	0.019
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	4374	5.94	0.136	2403.01	54.938	1.09	0.025	0.18	0.004	16.98	0.388	0.86	0.02
34	291.6	0.37	0.128	160.13	54.975	0.14	0.048	0.01	0.005	1.14	0.392	0.06	0.02
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	5394.6	8.84	0.164	2953.8	54.755	2.93	0.054	0.22	0.004	24.51	0.454	1.06	0.02
42	874.8	1.46	0.169	478.5	54.698	0.52	0.06	0.04	0.004	4.1	0.468	0.31	0.035
43	364.5	0.49	0.135	199.9	54.842	0.19	0.052	0.02	0.004	1.59	0.437	0.07	0.018
44	5321.7	5.21	0.098	2931.41	55.084	2.47	0.046	0.22	0.004	14.17	0.266	1.06	0.02
45	2968.9	4.51	0.151	1635.75	54.728	1.46	0.049	0.13	0.004	14.66	0.49	0.64	0.021
46	3717.9	3.51	0.094	2048.28	55.092	1.63	0.044	0.16	0.004	10.58	0.285	0.75	0.02

Figur 10.7: E1-restrict, rapport for Pure destinasjonen

PERIOD	Standard	TONNAGE	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	
	_kt	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%						
1	510.3	1.14	0.223	279.21	54.714	0.69	0.136	0.02	0.003	3.09	0.605	0.05	0.01						
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
4	3499.2	8.91	0.255	1911.04	54.614	5.21	0.149	0.14	0.004	27.99	0.8	0.54	0.015						
5	1676.7	3.99	0.238	915.29	54.589	2.75	0.164	0.11	0.006	27.04	1.613	0.1	0.006						
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
17	24567.3	39.54	0.161	13468.91	54.825	20.3	0.083	1.12	0.005	153.1	0.623	4.37	0.018						
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
33	54820.8	103.77	0.189	23929.88	54.596	52.73	0.096	2.68	0.005	393.41	0.718	10.77	0.02						
34	2114.1	7.62	0.36	1134.56	53.667	3.29	0.155	0.12	0.006	27.36	1.294	0.51	0.024						
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
41	50009.4	89.44	0.179	27342.26	54.674	41.2	0.082	2.2	0.004	264.43	0.529	10.16	0.02						
42	4519.8	17.03	0.377	2429.04	53.742	6.31	0.14	0.24	0.005	58.23	1.288	1.11	0.025						
43	437.4	1.64	0.374	234.62	53.64	0.65	0.148	0.02	0.005	5.8	1.327	0.08	0.018						
44	4592.7	18.54	0.404	2460.6	53.576	7.03	0.153	0.25	0.005	63.75	1.368	1.26	0.027						
45	1676.7	7	0.418	893.86	53.311	2.92	0.174	0.11	0.007	31.16	1.858	0.38	0.023						
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

Figur 10.8: E1-restrict, rapport for Standard destinasjonen

PERIOD	Pure	TONNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1		145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		1676.7	2.66	0.159	921.77	54.975	0.97	0.058	0.06	0.003	6.71	0.4	0.22	0.013
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17		2843.1	3.45	0.121	1559.3	54.845	1.67	0.059	0.11	0.004	8.12	0.286	0.51	0.018
18		1239.3	1.9	0.153	679.04	54.792	0.71	0.057	0.06	0.005	5.62	0.453	0.24	0.02
19		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36		4374	7.13	0.163	2394.43	54.742	2.29	0.052	0.19	0.004	20.73	0.474	0.92	0.021
37		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41		5394.6	8.34	0.155	2957.25	54.819	3.07	0.057	0.22	0.004	24.38	0.452	1.38	0.025
42		1895.4	2.3	0.121	1042.56	55.005	1.09	0.058	0.07	0.004	6.88	0.363	0.33	0.017

Figur 10.9: E1-restrict/force, rapport for Pure destinasjonen



PERIOD	Standard	TONNAGE_kt	Output_Metal_al2o3_kt	Input_Grade_al2o3_%	Output_Metal_cao_kt	Input_Grade_cao_%	Output_Metal_fe2o3_kt	Input_Grade_fe2o3_%	Output_Metal_mno_kt	Input_Grade_mno_%	Output_Metal_sio2_kt	Input_Grade_sio2_%	Output_Metal_so3_kt	Input_Grade_so3_%
1	1093.5	3.27	0.299	0	596.26	54.528	2.26	0.207	0.03	0.003	9.13	0.895	0.09	0.008
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4665.6	12.73	0.273	0	2539.92	54.439	8.48	0.182	0.28	0.006	69.25	1.484	0.59	0.013
6	510.3	2.7	0.53	0	266.73	52.269	2.61	0.511	0.09	0.019	37.68	7.385	0.08	0.016
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	24786	43.31	0.175	0	13554.94	54.688	25.78	0.104	1.24	0.005	201.39	0.813	4.41	0.018
18	364.5	1.51	0.414	0	192.36	52.774	1.43	0.392	0.04	0.012	15.44	4.235	0.08	0.022
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	61308.9	123.44	0.201	0	33451.29	54.562	53.39	0.087	2.82	0.005	385.46	0.629	12.37	0.02
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	63495.9	121.71	0.192	0	34674.73	54.609	52.32	0.082	2.83	0.004	370.7	0.584	13.18	0.021
42	218.7	0.44	0.203	0	119.34	54.567	0.38	0.175	0.01	0.005	1.3	0.596	0.05	0.021

Figur 10.10: E1-restrict/force, rapport for Standard destinasjonen

PERIOD	Pure2 TOMMAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	3134.7	5.43	0.173	1719.9	54.867	1.88	0.06	0.12	0.004	13.57	0.433	0.46	0.015
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	5394.6	8.2	0.152	2966.16	54.994	3.23	0.06	0.2	0.004	20.5	0.38	0.96	0.018
42	5394.6	6.08	0.113	2968.2	55.022	2.35	0.044	0.22	0.004	15.42	0.286	1.09	0.02
43	5394.6	5.77	0.107	2981.43	55.267	2.93	0.054	0.21	0.004	16.2	0.3	1.51	0.028

Figur 10.11: E2-restrict/force, rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	Standard2	TONN	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
		_kt	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%				
1	8019	116	0.144	1116	13.917	0.67	0.083	0	0	0	3.05	0.381	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	9987.3	23.92	0.3	4142.1	41.474	18.77	0.188	0.31	0.003	0	88.76	0.889	1.16	0.012	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	38272.5	156.89	0.41	19009.32	49.668	111.3	0.291	2.02	0.005	0	595.9	1.557	6.69	0.017	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	78294.6	207.14	0.285	41882.46	53.493	129.96	0.166	4.09	0.005	0	802.8	1.025	14.94	0.019	0	0	0	0
42	600477.3	1322.57	0.222	327354.84	54.516	583.06	0.097	27.49	0.005	0	4371.56	0.728	124.56	0.021	0	0	0	0
43	4665.6	5.85	0.125	2572.15	55.13	3.06	0.066	0.26	0.006	0	15.97	0.342	1.71	0.037	0	0	0	0

Figur 10.12: E2-restrict/force, rapport for Standard2 destinasjonen

PERIOD	Pure2 TONNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	145.8	0.22	0.148	80.11	54.945	0.09	0.06	0.01	0.004	0.53	0.36	0.02	0.014
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2187	4.05	0.185	1193.66	54.854	1.31	0.06	0.08	0.004	8.62	0.394	0.45	0.02
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2843.1	3.52	0.124	1565.43	55.061	1.27	0.045	0.1	0.004	7.46	0.262	0.65	0.023
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	3863.7	4.8	0.124	2125.87	55.022	1.33	0.035	0.14	0.004	13.77	0.356	0.72	0.019
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	4374	4.35	0.099	2408.89	55.073	2.62	0.06	0.16	0.004	11.98	0.274	0.79	0.018
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	5394.6	6.35	0.118	2969.99	55.055	3.03	0.056	0.22	0.004	16.8	0.311	1.35	0.025
42	5394.6	5.65	0.105	2964.98	54.962	3.07	0.057	0.23	0.004	16.93	0.314	1.04	0.019
43	5394.6	5.97	0.111	2963.75	54.939	3.15	0.058	0.27	0.005	17.4	0.323	1.27	0.024
44	2843.1	3.25	0.114	1561.93	54.937	1.7	0.06	0.14	0.005	9.77	0.344	0.59	0.021

Figur 10.13: E2-restrict.alt, rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	Standard2	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2253.9	6.65	0.294	880.97	38.983	4.66	0.206	0.06	0.003	18.03	0.798	0.19	0.008
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11226.6	68.8	0.613	5990.14	53.357	49.6	0.442	0.46	0.004	193.15	1.72	2.16	0.079
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	18881.1	71.5	0.379	10205.06	54.049	46.53	0.246	0.87	0.005	215.61	1.142	3.81	0.02
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	33388.2	75.39	0.226	18217.86	54.564	43.59	0.131	1.54	0.005	222.86	0.667	6.76	0.02
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	26244	43.62	0.166	14373.71	54.77	24.66	0.094	1.18	0.005	131.96	0.503	5.5	0.021
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	23692.5	36.45	0.154	12997.69	54.86	22.07	0.093	1.09	0.005	109.7	0.463	5.03	0.021
42	11080.8	17.5	0.158	6073.09	54.807	12.06	0.109	0.54	0.005	53.53	0.483	2.58	0.023
43	4155.3	6.81	0.164	2274.09	54.727	4.9	0.118	0.21	0.005	21.04	0.506	0.84	0.02
44	2114.1	3.81	0.18	1155.46	54.655	2.48	0.118	0.13	0.006	11.11	0.525	0.47	0.022

Figur 10.14: E2-restrict.alt, rapport for Standard2 destinasjonen

PERIOD	Standard	TONNAGE_kt	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
		_al2o3_kt	_al2o3_kt	_cao_kt	_cao_kt	_fe2o3_kt	_fe2o3_kt	_mno_kt	_mno_kt	_sio2_kt	_sio2_kt	_so3_kt	_so3_kt	
1.00	1385.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	145.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Figur 10.15: E3 rapport for Standard destinasjonen

Pure2													
PERIOD	TOMWAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38.00	145.80	0.22	0.15	80.11	54.95	0.09	0.06	0.01	0.00	0.53	0.36	0.02	0.01
39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41.00	5394.60	5.12	0.10	2975.20	55.15	2.46	0.05	0.19	0.00	13.30	0.25	1.14	0.02

Figur 10.16: E3, rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	TONNAGE_kt	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mno_kt	Input_Grade _mno_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.00	33169.50	1.33	0.00	125.49	0.38	0.78	0.00	0.00	0.00	3.53	0.01	0.00	0.00
18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38.00	80391.90	34.76	0.04	4582.17	5.66	21.42	0.03	0.32	0.00	100.69	0.12	1.19	0.00
39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41.00	3119026.50	7361.61	0.24	990079.69	31.74	3535.86	0.11	85.67	0.00	24246.27	0.78	358.33	0.01

Figur 10.17: E3, rapport for Standard2 destinasjonen



PERIOD	TONN	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
1	2	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mno_kt	_mno_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%	3	4	5	6
1	1239.3	3.25	0.262	677.27	54.649	1.72	0.139	0.06	0.005	11.15	0.9	0.27	0.022	0	0	0	0
2	437.4	0.96	0.219	237.96	54.403	0.36	0.083	0.02	0.004	2.21	0.505	0.09	0.022	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1676.7	3.43	0.205	910	54.273	1.78	0.106	0.08	0.005	9.56	0.57	0.35	0.021	0	0	0	0
5	1676.7	4.03	0.241	916.27	54.647	1.88	0.112	0.07	0.004	10.24	0.611	0.34	0.02	0	0	0	0
6	1676.7	4.3	0.269	989.66	54.302	2.19	0.12	0.08	0.004	11.86	0.651	0.38	0.021	0	0	0	0
7	1822.5	4.24	0.242	948.4	54.207	2.36	0.135	0.09	0.005	13.19	0.754	0.36	0.021	0	0	0	0
8	1749.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2551.5	4.84	0.19	1393.67	54.621	2.75	0.108	0.12	0.005	14.51	0.569	0.52	0.02	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 10.18: E3-noavg rapport for Pure destinasjonen

PERIOD	Standard	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
	TONNAGE_kt	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4228.2	8.16	0.193	2298.43	54.359	4.53	0.107	0.19	0.005	24.85	0.588	0.87	0.021	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	12538.8	22.92	0.183	6645.22	54.592	13.5	0.108	0.6	0.005	69.4	0.553	2.52	0.02	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

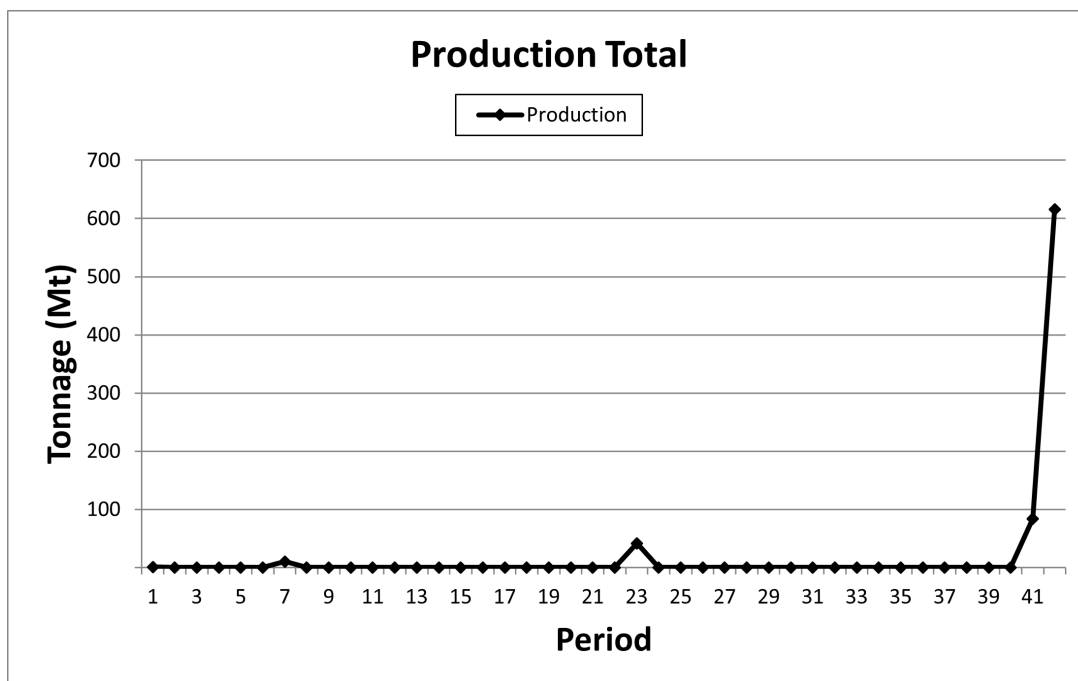
Figur 10.19: E3-noavg rapport for Standard destinasjonenn

PERIOD	Output_Metal _al2o3_kt	Input_Grade _al2o3_%	Output_Metal _cao_kt	Input_Grade _cao_%	Output_Metal _fe2o3_kt	Input_Grade _fe2o3_%	Output_Metal _mmo_kt	Input_Grade _mmo_%	Output_Metal _sio2_kt	Input_Grade _sio2_%	Output_Metal _so3_kt	Input_Grade _so3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	2843.1	0.118	1564.4	55.025	1.94	0.068	0.12	0.004	11.14	0.392	0.77	0.027
20	2843.1	0.282	1546.51	54.395	4.96	0.174	0.16	0.006	30.65	1.078	0.57	0.02
21	3353.4	0.238	1830.21	54.578	4.94	0.147	0.17	0.005	24.43	0.729	0.68	0.02
22	3353.4	0.241	1825.36	54.433	5.04	0.15	0.18	0.005	32.71	0.975	0.68	0.02
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	3663.7	0.158	2117.55	54.806	3.6	0.093	0.18	0.005	22.17	0.574	1.03	0.027
29	1530.9	0.232	831.19	54.294	2.64	0.173	0.08	0.005	17.89	1.168	0.31	0.021
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	4374	0.128	2407.44	55.04	3.3	0.076	0.18	0.004	17.37	0.397	1.04	0.024
34	1968.3	0.196	1074.53	54.592	2.41	0.123	0.1	0.005	15.29	0.777	0.39	0.02
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	4374	0.14	2401.36	54.901	4.13	0.095	0.21	0.005	21.67	0.495	0.95	0.022
37	3790.8	0.243	2068.46	54.565	6.24	0.164	0.23	0.006	35.3	0.931	0.8	0.021
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	4374	0.158	2408.31	55.06	4.51	0.103	0.24	0.006	22.98	0.525	1.24	0.028
40	4374	0.133	2386.81	54.568	7.29	0.167	0.28	0.007	17.37	0.397	1.04	0.024
41	5394.6	0.133	2974.23	55.134	3.76	0.07	0.23	0.004	20.46	0.379	0.86	0.02
42	5394.6	0.115	2382.29	55.283	3.29	0.061	0.21	0.004	17.16	0.318	1.6	0.03
43	5394.6	0.16	2362.4	54.914	6.15	0.114	0.34	0.006	24.84	0.46	0.99	0.018
44	1822.5	0.11	1005.27	55.159	1.07	0.059	0.09	0.005	5.71	0.313	0.5	0.028
45	5394.6	0.179	2970.46	55.064	4.03	0.075	0.21	0.004	26.48	0.491	1.66	0.031
46	5394.6	0.249	2710.95	50.253	7.6	0.141	0.27	0.005	51.36	0.952	1.02	0.019
47	5394.6	0.114	2250.16	41.711	3.79	0.07	0.19	0.003	16.97	0.315	0.97	0.018
48	5321.7	0.122	2572.64	48.342	3.78	0.071	0.25	0.005	18.27	0.343	1.23	0.023
49	5394.6	0.149	2644.69	49.025	3.86	0.072	0.23	0.004	20.95	0.388	0.98	0.018
50	2332.8	0.177	1285.72	55.115	1.66	0.071	0.1	0.004	11.93	0.511	0.71	0.031

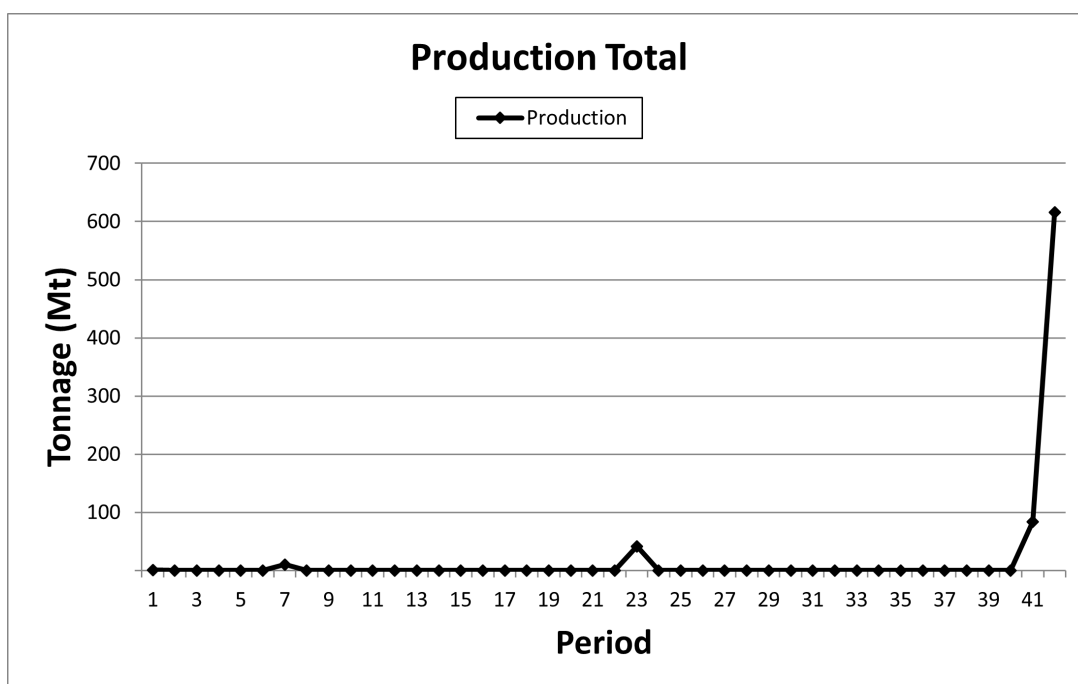
Figur 10.20: E3-noavg rapport for Pure2 destinasjonen

PERIOD	TONN	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade	Output_Metal	Input_Grade
1	2	_al2o3_kt	_al2o3_%	_cao_kt	_cao_%	_fe2o3_kt	_fe2o3_%	_mmo_kt	_mmo_%	_sio2_kt	_sio2_%	_so3_kt	_so3_%	1	2	_al2o3_kt	_al2o3_%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	10789.2	15.4	0.143	5915.96	54.832	3.29	0.086	0.48	0.004	47.79	0.443	2.59	0.024				
20	72.9	0.12	0.169	39.75	54.53	0.07	0.099	0	0.005	0.29	0.391	0.01	0.079				
21	72.9	0.15	0.212	39.76	54.54	0.1	0.133	0	0.005	0.62	0.852	0.01	0.02				
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
28	18079.2	24.73	0.137	9942.04	54.992	14.34	0.079	0.77	0.004	73.02	0.404	4.45	0.025				
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
33	15090.3	22.46	0.149	8284.71	54.901	12.9	0.086	0.69	0.005	70.7	0.468	3.8	0.025				
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
36	6852.6	12.09	0.176	3743.77	54.633	7.98	0.116	0.36	0.005	40.43	0.59	1.38	0.02				
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
39	5030.1	8.85	0.176	2749.39	54.659	6.46	0.128	0.27	0.005	27.57	0.548	1.02	0.02				
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
45	3645	6.26	0.172	1993.52	54.692	4.7	0.129	0.19	0.005	18.85	0.517	0.74	0.02				
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

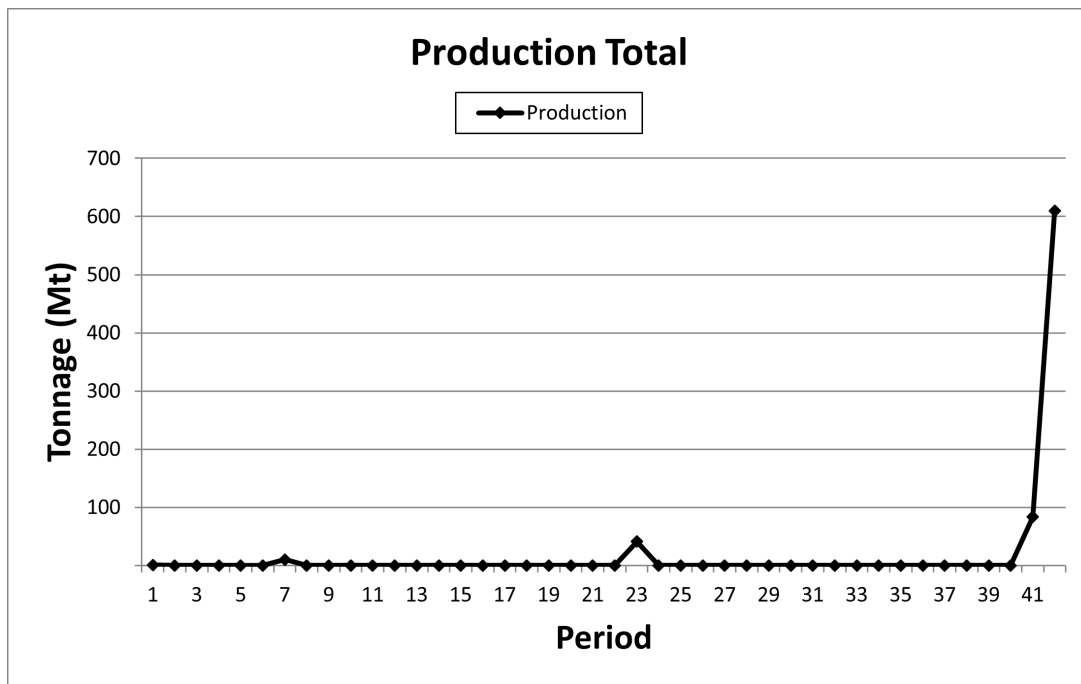
Figur 10.21: E3-noavg rapport for Standard2 destinasjonenn



Figur 10.22: Total produksjon for E3-restrict.alt



Figur 10.23: Total produksjon for E3-res.alt-miks



Figur 10.24: Total produksjon for E3-res.alt-miks-bw

