

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



IMS - MODELOVÁNÍ A SIMULACE

2018/2019

Model a simulace výroby řepkového oleje

Obsah

1	Úvod	3
1.1	Zdroje informací.....	3
1.2	Autoři.....	3
1.3	Ověřování validity modelu.....	3
2	Rozbor tématu a použitých metod/technologií.....	3
2.1	Postupy vytváření modelu	5
2.2	Použité metody a technologie	5
3	Koncepce	5
3.1	Forma konceptuálního modelu	7
4	Architektura simulačního modelu/simulátoru.....	8
5	Podstata a průběh simulačních experimentů	8
5.1	Postup experimentování.....	9
5.2	Dokumentace jednotlivých experimentů	9
5.2.1	Referenční experiment	9
5.2.2	Zvýšení vstupu řepky o 30 %	11
5.2.3	Vliv zvýšení teploty při rafinaci na kvalitu oleje.....	13
6	Shrnutí simulačních experimentů a závěr.....	14
7	Zdroje.....	14

1 Úvod

Tato technická zpráva vznikla jako součást řešení projektu IMS. Zabývá se vytvořením modelu SHO (systému hromadné obsluhy) [1, str. 7] a simulací [1, str. 8] výroby řepkového oleje [4]. Cílem práce je na základě modelu výrobní linky ukázat pomocí experimentů [1, str. 9] možné optimalizace výrobního procesu, konkrétně zvýšení vstupu řepky o 30 % a optimalizace linky tak, aby byla schopna zpracovávat toto množství ve stejném čase jako předtím. Vychází z úvahy o zvýšení zisku zpracováním většího množství suroviny.

Dalším experimentem je zjišťování vlivu úpravy procesu rafinace na vyprodukovaný olej.

1.1 Zdroje informací

Jako zdroje informací jsme použili dostupné materiály ze slajdů k přednáškám a demonstračním cvičením předmětu IMS.

Dále jsme čerpali z internetových zdrojů uvedených na konci dokumentu. Význačným zdrojem je díl Slunečnicové a řepkové oleje [5] z pořadu Jídlo s.r.o. na internetové televizi Stream.cz.

1.2 Autoři

Na práci se podíleli Roman Janík a Karel Klečka.

1.3 Ověřování validity modelu

Výsledky simulace přibližně odpovídají reálným datům z výroby řepkového oleje.

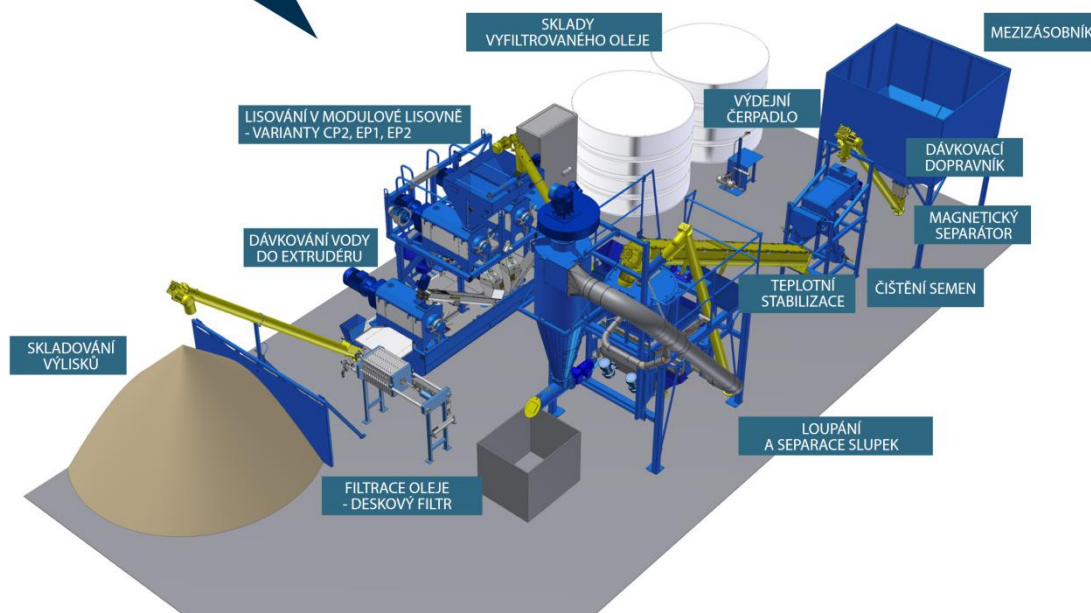
2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Výroba řepkového oleje zahrnuje tyto fáze:

1. vstupní kontrola,
2. lisování,

3. filtrace,
4. rafinace,
5. výstupní kontrola.

Dispoziční schéma - modul lisovny Compact osazený dvěma soustrojími včetně opcí.



Příklad lisovny obr. 1, zdroj [10]

Výrobní linka začíná příjmem řepkového semene. To je dováženo kamionem. Semeno pokračuje na vstupní kontrolu kvality, kde pracovník odebere vzorky, v laboratoři vyhodnotí kvalitu a rozhodne, zda je surovina vyhovující. Nevhovující řepkové semeno, například obsahující spory plísně nebo příliš vlhké, nesmí být puštěno do výroby.

Vyhovující surovina pokračuje do lisu 1. stupně. První lisování probíhá za studena, vzniká 10% extra panenského oleje (přepočítáno z 10 kg / 100 kg [5]), zbytek suroviny pokračuje do zásobníku lisu 2. stupně. Druhé lisování probíhá za vyšších teplot a tlaků, díky čemuž je z částečně vyliisovaných semínek získáno ještě 20% panenského oleje (přepočítáno z 20 kg / 100 kg [5]). Zbytky vyliisovaných semen se nazývají výlisky nebo pokrutiny, které mají využití jako součást krmiva hospodářských zvířat.

Oba druhy olejů je nutno přefiltrovat, extra panenský pokračuje na výstupní kontrolu kvality, panenský na rafinaci.

Rafinace je označení pro úpravy oleje tak, aby olej mohl být použit v teplé kuchyni na smažení, pečení nebo fritování. Takto upravený olej má vyšší bod přepálení [12]. Rafinace se skládá z odsazení, bělení a dezodorace [7][8].

Výstupní kontrola kvality rozhoduje o kvalitě výsledného oleje a tedy jestli může být stočen do lahví.

2.1 Postupy vytváření modelu

První fází vytváření modelu bylo vyhledávání informací o výrobě řepkového oleje z různých zdrojů. Ze získaných informací bylo vytvořeno několik konceptů, které sloužily pro tvorbu abstraktního modelu [1, str. 36]. Pro finální abstraktní model byla vytvořena Petriho síť [1, str. 123,124], podle které byl následně implementován simulační model[1, str. 44].

2.2 Použité metody a technologie

Graf Petriho sítě byl vytvořen v online nástroji draw.io [3]. Dle zadání projektu byl k implementaci simulačního modelu použit jazyk C++ s knihovnou SIMLIB/C++ [2]. Výsledné programy byly spuštěny na operačním systému Linux, distribuce Ubuntu 14.04. Grafy byly vytvořeny v aplikaci Microsoft Word.

3 Koncepce

Model výrobní linky se skládá z následujících důležitých částí (části jsou seřazeny ve stejném pořadí v jakém jimi řepkové semeno/surový olej/rafinovaný olej prochází):

- Kamion
- Vstupní kontrola kvality
- Zásobník semene před lisem 1. stupně
- Lis 1. stupně
- Zásobník semene před lisem 2. stupně
- Lis 2. stupně
- Zásobník před filtrem
- Filtř
- Zásobník před rafinační jednotkou

- Rafinační jednotka
- Výstupní kontrola kvality
- Zásobníky na výsledný řepkový olej

Výše uvedený model se týká delší části výrobní linky pro rafinovaný olej, extra panenský olej vynechává části Zásobník před rafinační jednotkou a Rafinační jednotka.

Uvažujeme plně naložený kamion, který přiváží vždy 25 tun [11] řepkového semene. Poté oddělení vstupní kvality rozhoduje, zda je řepka vyhovující, či ne. Doba kontroly je 25 – 35 min rovnoměrně. Nevhovující řepka opouští systém. Vyhovující řepka je dále modelována jako proces 1 tuny řepky, která žádá o obsluhu lisu.

První lisování probíhá za studena, vzniká 100 kg extra panenského oleje (přepočítáno z 10 kg / 100 kg [5]), zbytek suroviny pokračuje do zásobníku lisu 2. stupně. První lisování trvá 29 - 31 min (přepočítáno z [9]) s rovnoměrným rozložením. Druhé lisování trvá déle – 37 - 40 min s rovnoměrným rozložením, protože je nutno dosáhnout vyšších teplot a tlaků. Získáme tím dalších 200 kg oleje (přepočítáno z 20 kg / 100 kg [5]).

Zbytky tvoří výlisky, kterých vzniká 700 kg (přepočítáno ze 70 kg / 100 kg [5]).

Olej je nutné přefiltrovat, filtrace extra panenského i panenského oleje trvá 10 – 12 min s rovnoměrným rozložením.

Rafinační jednotka začne svou činnost poté, co je 400 kg panenského oleje k dispozici a pracovní cyklus trvá 55 - 65 min s rovnoměrným rozložením. Současně se panenský olej přetváří na olej stolní (rafinovaný).

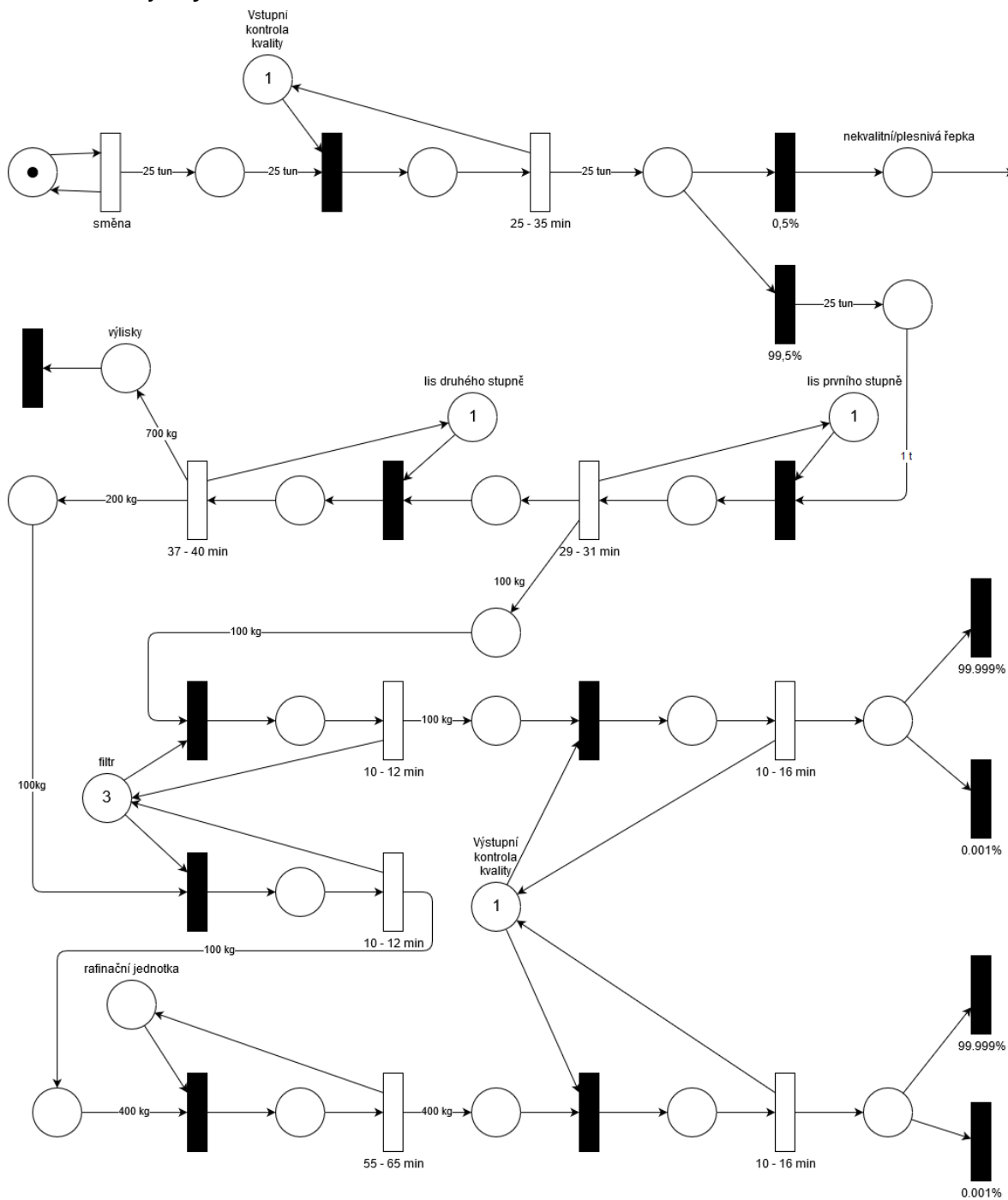
Na závěr oba druhy olejů projdou výstupní kontrolou kvality, za nevhovující je olej označen s pravděpodobností 0.00001 %, tato kontrola trvá 10 – 16 min rovnoměrně.

Z modelu jsou vypuštěny zanedbatelné doby přesunu mezi zařízeními linky.

3.1 Forma konceptuálního modelu

Pro popis konceptuálního modelu jsme použili Petriho síť [1, str. 123,124], v ní jsou uvedeny nejpodstatnější informace. Petriho síť lze logicky rozdělit podle fází výroby na vstupní kontrolu, lisování, filtraci, rafinaci a výstupní kontrolu.

Petriho síť je vyobrazena na obrázku 2:



Petriho síť modelu výroby řepkového oleje obr. 2

4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

Transakce [1, str. 136] systému jsou generovány událostí [1, str. 169] `Generator`, která dědí od třídy `Event` [1, str. 169]. Transakce reprezentuje příjezd kamionu a každých 8 hodin spouští proces `Kamion`, který dědí od třídy `Process` [1, str. 171].

Proces `Kamion` nejprve zabere zařízení [1, str. 180] `VstupniKontrolaKvality`. Na vstupní kontrole kvality se rozhodne, zda je přivezené řepkové semeno vyhovující, a pokud ano, vytváří 25 procesů `Repka`, kde každý proces modeluje 1 tunu řepky.

Proces `Repka` je obslužen skladištěm [1, str. 184] `Lis1` za vzniku 100 kg extra panenského oleje, který je modelován procesem `ExtraPanenskyOlej`. Poté je obslužen skladištěm `Lis2`, současně vznikají 2 procesy `PanenskyOlej` (200 kg) a proces `Vylisky` (700 kg). Proces `Vylisky` modeluje vylisky a slouží pro statistiku.

Oba procesy olejů pokračují zabráním skladiště `Filtr`. Proces `PanenskyOlej` podstupuje navíc rafinaci ve skladišti `RafinacniJednotka`. Při rafinaci proces `PanenskyOlej` zaniká a vzniká proces `StolniOlej`. Na závěr oba procesy vstupují do skladiště `VystupniKontrolaKvality`, kde probíhá kontrola kvality.

5 Podstata a průběh simulačních experimentů

Cílem experimentů je odhalit slabá místa v modelu, které by zpomalovali výrobní linku při zvýšení vstupu řepky o 30 % a následně optimalizovat linku tak, aby byla schopna zpracovávat toto množství ve stejném čase jako předtím. Nejprve je však nutné optimalizovat model se základním nastavením.

Dalším experimentem je zjišťování vlivu úpravy procesu rafinace na vyprodukovaný olej.

5.1 Postup experimentování

Nejprve spustíme simulaci se základním nastavením. Výsledná data budou analyzována. Poté spustíme simulaci se změněnými parametry, zanalyzujeme výsledky a porovnáme s výsledky ze základního nastavení.

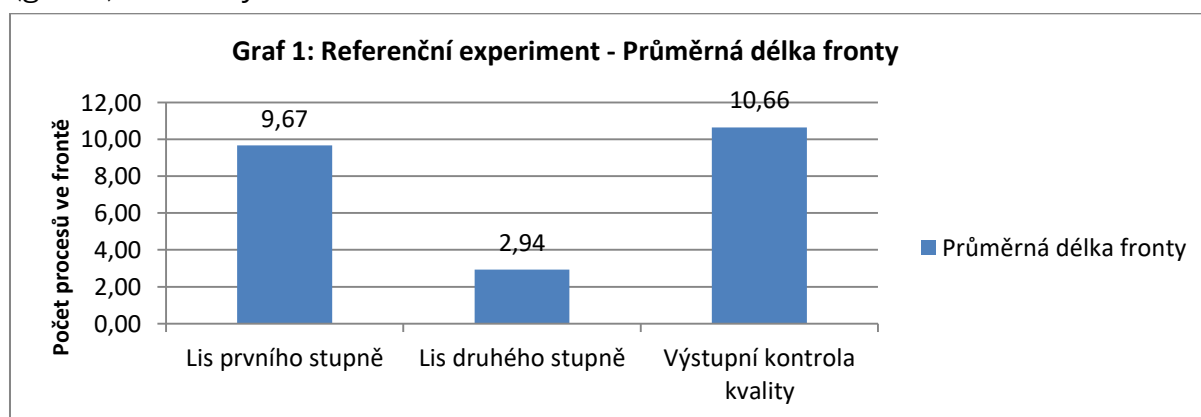
5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

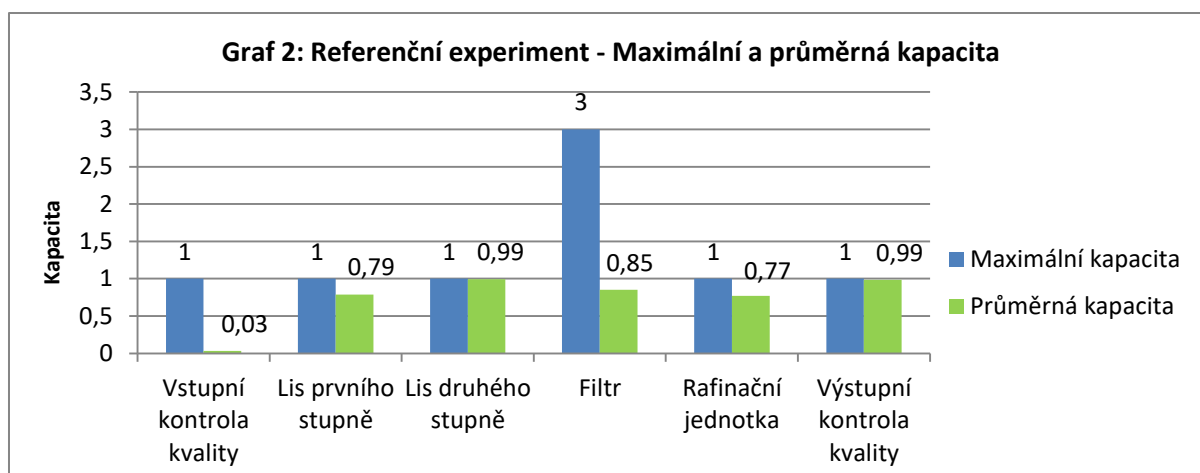
Následující podkapitoly popisují jednotlivé experimenty, jejich cíle, výsledky simulace a jejich interpretace.

5.2.1 Referenční experiment

Simulace byla spuštěna se základním nastavením. Tento experiment slouží k ověření validity modelu. Simulace běžela 7 dní modelového času. Kamiony přijížděly v intervalu 16 h.

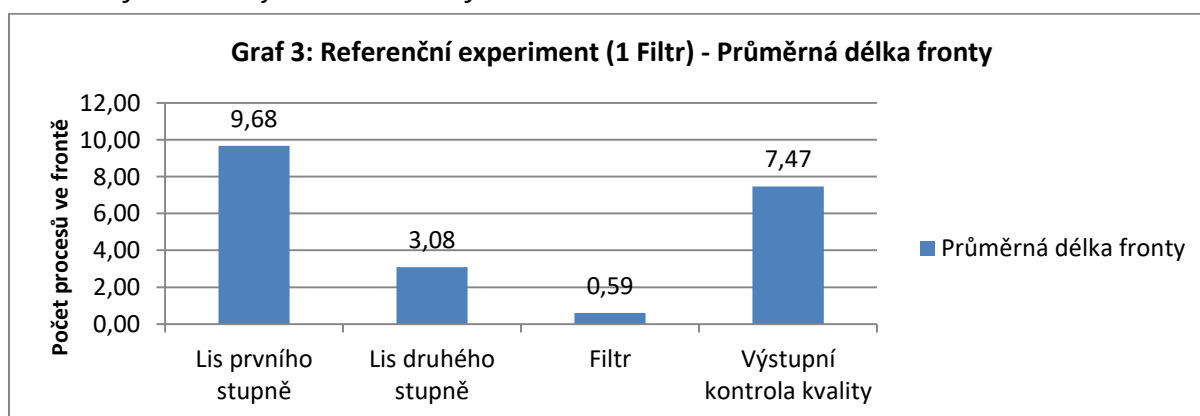
Celkem bylo vyprodukováno 28 743,2 l extra panenského oleje, 54 207,7 l stolního oleje a 182 000 kg výlisků. Dalšími sledovanými veličinami byly průměrné délky front (graf 1) u obslužných linek v systému a maximální a průměrná kapacita (graf 2) obslužných linek.

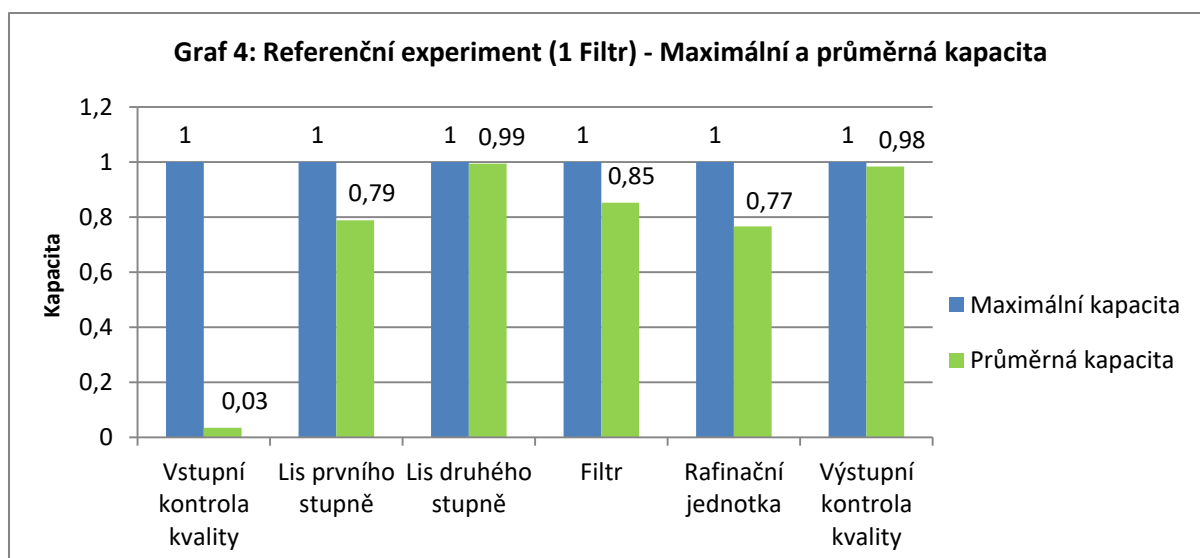




Na grafu 1 můžeme vidět, že fronty vznikly pouze u 3 obslužných linek a nejdelší fronta vzniká na Výstupní kontrole kvality. Z grafu 2 lze vyčíst, že většina obslužných linek využívá většinu svých kapacit. Neplatí to pro Vstupní kontrolu kvality a pro filtr. V modelu jsou 3 Filtry, ale vzhledem k využití kapacitě Filtr postačí pouze jeden. Model jsme tedy upravili a simulaci spustili znovu.

Při druhém spuštění bylo celkem vyprodukováno 28 743,2 l extra panenského oleje, 54 644,8 l stolního oleje a 181 300 kg výlisků. Průměrné délky front (graf 3) u obslužných linek v systému a maximální a průměrná kapacita (graf 4) obslužných linek jsou zobrazeny níže.



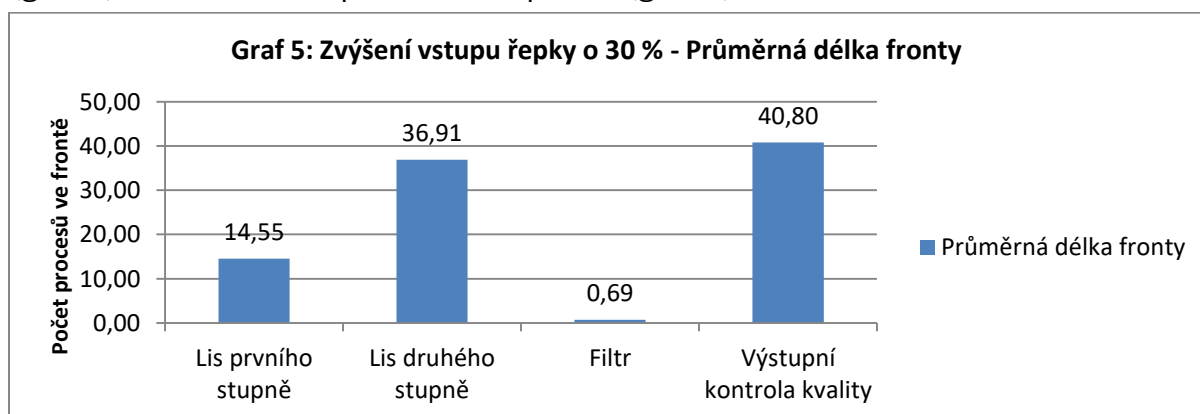


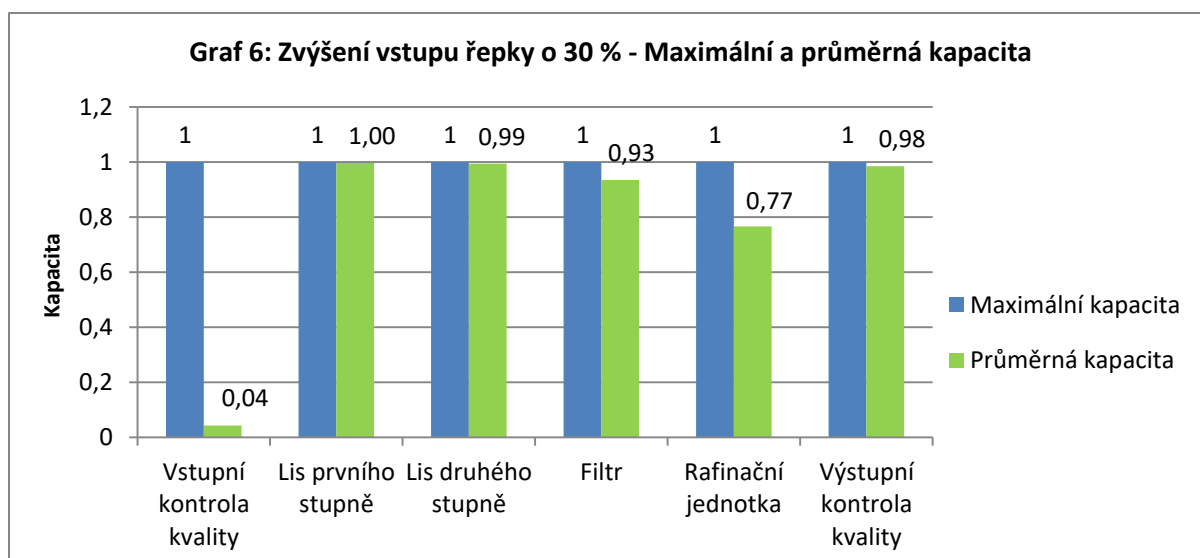
Na grafu 3 si lze všimnout, že se u Filtru vytvořila krátká fronta. Naopak z grafu 4 lze poznat, že snížení počtu Filtrů na 1 neovlivnilo systém.

5.2.2 Zvýšení vstupu řepky o 30 %

Simulace byla spuštěna se zvýšeným vstupem řepkového semene o 30 %, kamiony tedy přijížděly v intervalu 12 h 18 min. Cílem experimentu je odhalit úzká hrdla v systému.

Celkem bylo vyprodukováno 36 502,7 l extra panenského oleje, 47 322,4 l stolního oleje a 182 000 kg výlisků. Extra panenského oleje bylo vyrobeno o 27 % více, stolního oleje o 13 % méně a výlisků přibližně stejně. Tento jev se dá vysvětlit délkou fronty u Lisu druhého stupně, extra panenský olej jde rovnou do Filtru a tím pádem je ho vyrobeno více. Niže jsou výsledné grafy průměrné délky front (graf 5) a maximální a průměrná kapacita (graf 6):

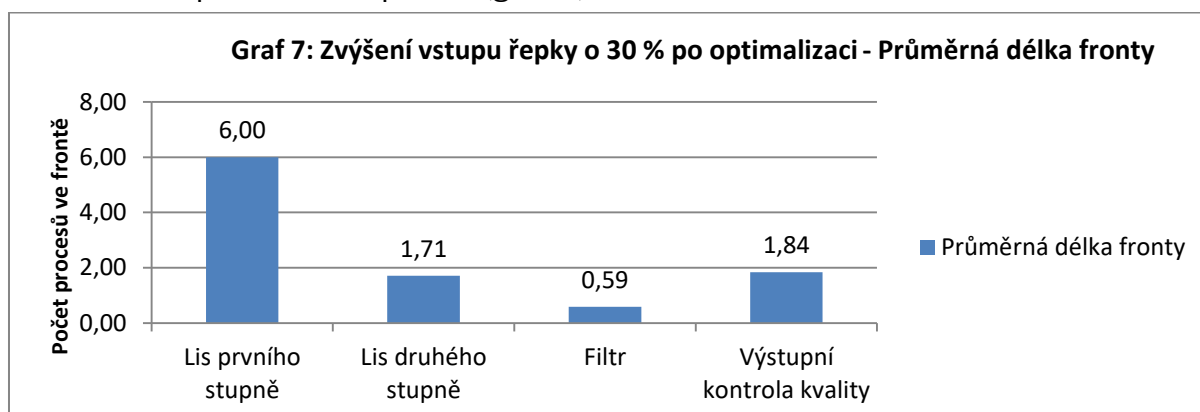


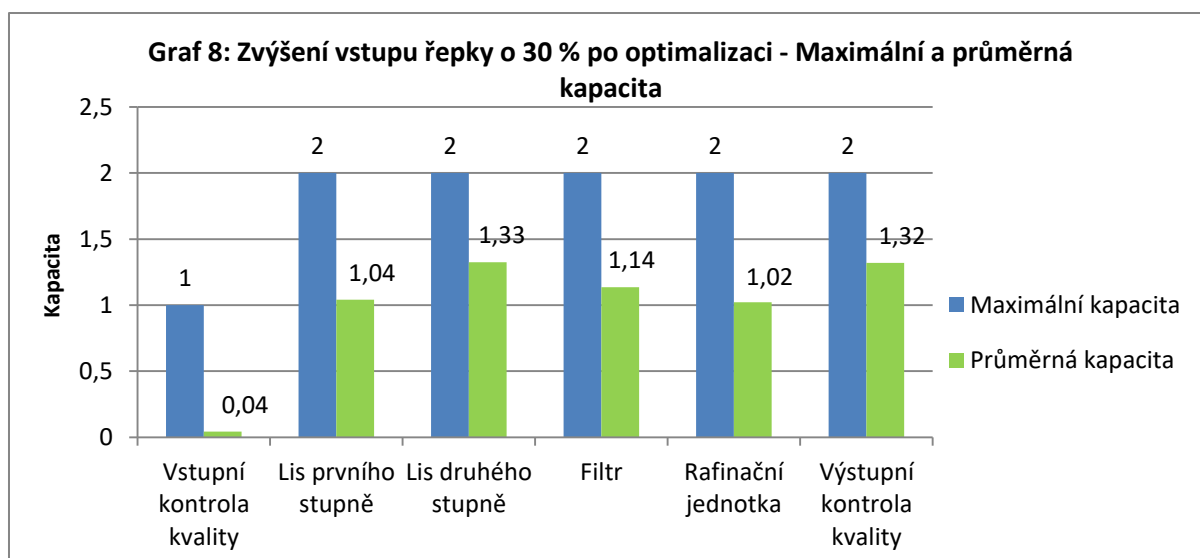


Na první pohled můžeme z grafu 5 a 6 vidět, že délky front se zvětšily, největší nárůst byl u Lisu druhého stupně (3,08 -> 36,91), a zároveň stoupl využití u všech linek. Za úzká hrdla modelu jsme označili Lis prvního stupně, Lis druhého stupně a Výstupní kontrolu kvality.

V modelu jsme zvýšili počet linek v systému na dvojnásobek kromě Vstupní kontroly kvality, u které takovýto krok nedává smysl, a simulaci spustili znovu. Očekávali jsme přibližně stejné délky front jako při referenčním experimentu.

Celkem bylo vyprodukováno 38 142,1 l extra panenského oleje, 73 879,8 l stolního oleje a 242 200 kg výlisků. Oproti upravenému referenčnímu experimentu bylo vyrobeno o 33 % více extra panenského oleje, o 35 % více stolního oleje a o 34 % více výlisků. Zvýšení všech výstupů o více než 30 % je způsobeno lepší propustností systému. Níže jsou výsledné grafy průměrné délky front (graf 7) a maximální a průměrná kapacita (graf 8):





Porovnáním grafů z předešlého spuštění a grafů 7 a 8 zjistíme, že propustnost systému se rapidně zvýšila, fronty u linek jsou výrazně kratší. Zároveň klesl poměr mezi průměrnou a maximální kapacitou. Výsledné délky front předčily naše očekávání, byli ještě kratší než u upraveného referenčního experimentu (graf 3), což jen dokazuje zvýšení propustnosti.

5.2.3 Vliv zvýšení teploty při rafinaci na kvalitu oleje

V předchozím experimentu jsme zdvojili linky, ze statistik ale můžeme vyčíst, že i když budeme mít 2 rafinační jednotky, jejichž pořizovací cena není nízká, tak jen velmi zřídka budou v provozu obě. Ovšem při používání pouze jedné, zde vznikne úzké hrdlo.

Proto jsme se rozhodli zvýšením teplot během rafinace, rafinaci zrychlit v průměru o 12,5 min. Tím se však zvýší počet škodlivých látek, které v oleji vzniknou.

Pravděpodobnost, že výsledný stolní olej bude nekvalitní tedy roste na 0,1 %.

Z důvodu validity experimentu jsme zvýšili dobu běhu simulace na 56 dní.

Celkem bylo vyprodukováno 298 579 l extra panenského oleje, 595 738 l stolního oleje a 1 911 700 kg výlisků. Nevyhovujícího stolního oleje bylo 327,9 l a tvoří 0,00055 % veškerého stolního oleje.

Z toho lze usoudit, že zvýšení teploty při rafinaci má zanedbatelný vliv na kvalitu stolního oleje a že se toto řešení vyplatí.

6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

V tomto projektu jsme vytvořili model výroby řepkového oleje, jehož validitu jsme ověřili v rámci prvního experimentu. Zjistili jsme, že v původním modelu byly navíc nevyužity dva Filtry. Všimli jsme si zajímavého faktu, že při zvýšení vstupu se mění poměr vyrobeného extra panenského a stolního oleje ve prospěch extra panenského. Odhalili jsme úzká hrdla v modelu a následně ho optimalizovali přidáním linek. Zvýšila se tím propustnost modelu natolik, že výroba byla schopna zpracovat zvýšený přínos řepky. Také jsme dokázali, že zrychlení rafinace má zanedbatelný vliv na kvalitu oleje.

7 Zdroje

1. Slajdy k přednáškám předmětu IMS
<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
2. Peringer P., SIMLIB/C++
<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
3. Online nástroj na tvorbu diagramů
<https://www.draw.io/>
4. Řepkový olej
https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98epkov%C3%BD_olej
5. video Slunečnicové a řepkové oleje
<https://www.stream.cz/jidlo-s-r-o/10005480-slunecnicove-a-repkove-oleje> [19:10]
6. video Rostlinný olej - Jak se vyrábí rostlinný olej
<https://www.jaksetodela.cz/video/1131/rostlinny-olej-jak-se-vyrabi-rostlinny-olej>
7. Řepkový olej
<http://www.bioenergo-komplex.cz/faq/repkovy-olej/>
8. Proces výroby olejů
<http://www.glencoreagriculture.cz/proces-vyroby-oleju.html>
9. Lis HLO-01 EKONOM
<http://www.filtrex.cz/cs/produkty/hlo-01-ekonom.html>

10. Modulová lisovna Compact, Farnet a.s.

https://livefarmet.blob.core.windows.net/farnetwebdata/ContentItems/4390_04390/compact-cz-email-web.pdf

11. Pravidelné přepravy řepky olejné, 1x denně

http://www.centrum-preprav.cz/vyberove-rizeni-Pravidelne-prepravy-repky-olejne--1x-denne-1948.htm?fbclid=IwAR0rG8ILjaWn1-vOwvp8KaYHk1Vu35_mhMDm-J7DhCzYZeoOyvYW8qXhwu0

12. Bod přepálení u olejů

<https://www.gourmet-partners.cz/Bod-prepaleni-u-oleju/>