

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Analýza a predikce spotřeby pohonných hmot
ve společnosti Alimpex food, a.s.**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Autor práce: Bc. Jakub Šindléry

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Šindléry

Zemědělská technika

Název práce

Analýza a predikce spotřeby pohonných hmot ve společnosti Alimpex food, a.s.

Název anglicky

Analysis and prediction of fuel consumption at Alimpex Food company

Cíle práce

Cílem práce bude provést analýzu spotřeby pohonných hmot ve společnosti Alimpex food, a.s., za účelem stanovení její predikce. V průběhu řešení práce budou sledovány vybrané kvalitativní ukazatele odebraných vzorků pohonných hmot.

Metodika

- 1) Úvod
- 2) Rozbor současného stavu
- 3) Cíl práce a metodika
- 4) Vlastní práce
- 5) Zhodnocení výsledků a doporučení
- 6) Závěr

Doporučený rozsah práce

50 – 60

Klíčová slova

predikce spotřeby, stanovení obsahu vody, kvalita pohonných hmot

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN ISO 12937: Ropné výrobky – Stanovení vody – Coulometrická titrační metoda podle Karl Fischera. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- GROS, Ivan. Logistika. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996, 228 s. ISBN 80-7080-262-6.
- HEIZER, Jay a Barry RENDER. Operations management. 9th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2008, 1 v. ISBN 9780132342711.
- HÖNIG, Vladimír. Cvičení z paliv a maziv. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013, 107 s. ISBN 978-80-213-2384-1.
- KAVAN, Michal. Výrobní management. Vyd. 2. Praha. Nakladatelství ČVUT, 2006, 213, [10] s. ISBN 80-010-3445-3.
- PERNICA, Petr. Logistika pro 21. století: (Supply chain management). Vyd. 1. Praha: Radix, 2005, 3 sv. ISBN 80-86031-59-4.
- SCHULTE, Christof. Logistika. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994, 301 s. ISBN 80-85605-87-2.
- STEHLÍK, Antonín a Josef KAPOUN. Logistika pro manažery. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2008, 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2016

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Aleše, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

Další informace mi poskytla firma Alimpex food a.s. a UNIPETROL RPA, s.r.o. – BENZINA, odštěpený závod.

V Praze dne: 30. 3. 2017

Bc. Jakub Šindléry

Poděkování:

Děkuji Ing. Zdeňku Alšovi, Ph.D. za vedení a moudré rady a otci Ing. Pavlovi Šindlérymu za poskytnutí potřebných dat při psaní diplomové práce a za mnoho užitečných rad. Děkuji také celému jeho týmu Správy vozového parku společnosti Alimpex food a.s. V neposlední řadě děkuji mamince Mgr. Ingrid Šindléryové a přítelkyni Bc. Veronice Panáčové za korekturu a nesmírnou podporu.

Anotace:

Diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část se zabývá predikcí spotřeby pohonných hmot na vnitropodnikové čerpací stanici. Mapuje současný stav a přináší přehled vybraných metod pro predikci. Predikuje spotřebu pro následující rok a hodnotí jednotlivé použité metodiky. Druhá část se zabývá kontrolou kvalitativního parametru dodávané motorové nafty. Popisuje metodu stanovení obsahu vody a za pomoci coulometrické titrace podle Karla Fishera hodnotí odebrané vzorky.

Klíčová slova:

Predikce, časové řady, průměr, exponenciální vyrovnání, sezónní koeficient, regresivní křivka, Coulometrická titrace podle Karla Fishera

Analysis and prediction of fuel consumption in society Alimpex food, Inc.

Abstrakt: Diploma work is divided into two main parts. The first part deals with the prediction of fuel consumption for refilling station. It surveys the current state and provides an overview of selected methods for prediction. Predicts consumption for the coming year and assess the various methodologies used. The second part deals with the control of qualitative parameters supplied by diesel. Describes a method for determining the water content and using the coulometric Karl Fisher titration according to evaluate collected samples.

Key words: Prediction, time series, average, exponential smoothing, seasonal coefficient regression curve, coulometric titration according to Karl Fischer

Obsah

Úvod	9
1.1. Charakteristika společnosti Alimpex food a.s.	9
1.2. Používané pohonné hmoty	10
2. Rozbor současného stavu	12
2.1. Popis čerpací stanice	12
2.2. Dodavatel motorové nafty	13
2.3. Popis logistického vedení čerpací stanice	15
3. Cíle práce a metodika	16
3.1. Cíle práce	16
3.2. Predikce spotřeby	16
3.3. Vybrané metody předvídání poptávky	20
3.3.1. Aritmetický průměr	21
3.3.2. Vyrovnání časových řad vhodnou regresní křivkou	22
3.3.3. Klouzavý průměr	24
3.3.4. Metoda adaptivních vah	30
3.3.5. Exponenciální vyrovnání	30
3.3.6. Metody analýzy sezonní složky	34
3.4. Analýza kvality dodávané motorové nafty	36
3.4.1. Stanovení obsahu vody coulometrickou titrací	36
3.4.2. Výběr vhodného odběrového místa	40
3.4.3. Metodika odběru vzorků	41
3.4.4. Hodnoty deklarované výrobcem	42
4. Vlastní práce	43
4.1. Praktické zpracování predikce spotřeby	43
4.1.1. Postup práce	43
4.1.2. Predikce pomocí aritmetického průměru	44

4.1.3.	Predikce pomocí sezónního koeficientu	45
4.1.4.	Predikce pomocí očištěného trendu	46
4.1.5.	Predikce pomocí klouzavého průměru se sezónní složkou	46
5.	Vyhodnocení predikce	47
5.1.1.	Predikce ze všech tankování za 5 let	48
5.1.2.	Predikce ze všech tankování z 2 let	49
5.2.	Měření obsahu vody v motorové naftě	50
5.2.1.	Metodika laboratorního měření coulometrickou titrační metodou	50
5.2.2.	Vyhodnocení výsledků měření	51
Závěr	.....	53
Zdroje	.....	54
Seznam obrázků	.....	55
Seznam tabulek	.....	55
Seznam grafů	.....	55
Seznam příloh	.....	55

Úvod

Diplomová práce se bude zabývat predikováním spotřeby motorové nafty na interní čerpací stanici společnosti Alimpex food a.s. V teoretickém základu popíše několik vybraných metod pro predikci spotřeby motorové nafty na vnitropodnikové čerpací stanici pomocí časových řad. V praktické části budou zpracovány data o jednotlivém tankování a následně z nich bude vytvořena predikce pro následující rok podle vybraných metod. Tato predikce bude sloužit, jako podklad pro rozhodování vedení společnosti Alimpex food a.s. o dalším směřování čerpací stanice (renovace nebo zrušení).

Druhá část bude zaměřena na kontrolu kvality dodávané motorové nafty a to konkrétně obsahu vody v naftě. Teoretická část popíše Coulometrickou titrační metodu podle Karla Fishera, metodiku pro odběr vzorků a samotné měření. V závěru budou porovnány výsledky měření z jednotlivých predikcí mezi sebou a výsledky měření obsahu vody v motorové naftě.

1.1. Charakteristika společnosti Alimpex food a.s.

Alimpex food a.s. zajišťuje velkoobchod a distribuci nechlazených, čerstvých i mražených potravin. Na trh dodává výrobky vlastních značek (Dr. Halíř, Krajanka, Eiskaffee, Milkin, Zálesák, Polárka), výrobky českých mlékáren a exkluzivně na českém trhu zastupuje i značky Philadelphia, Nestlé Scholler, Movenpick, Elinas, Buitoni.

Alimpex food a.s. zaměstnává okolo 600 zaměstnanců a využívá 12 distribučních míst v celé České republice. Dodává čerstvé chlazené potraviny na přibližně 10.000 odběrových míst. [1.]

Profil společnosti

Organizace Alimpex food a.s. začala svou podnikatelskou činnost již v roce 1999. Jejím hlavním zájmem je na území České republiky distribuce, export a import především chlazených potravin. V roce 2013 došlo k rozšíření firemního portfolia o distribuci nechlazených a mražených potravin, nápojů a drogistického zboží. V důsledku těchto změn se stala jedinou českou společností, která má dispozici k pokrytí tímto kompletním sortimentem celé území České republiky a uspokojení velkých i malých zákazníků. Podnik je českou firmou bez jakékoliv zahraniční majetkové účasti.

Stávající nabídka Alimpex food a.s. obsahuje bezmála 3000 položek. V oblasti distribuce chlazených potravin mají dominantní převahu české výrobky, které jsou uváděny na trh i

pod vlastními značkami např.: Milkin, Krajanka, Paté du Chef, Zálesák, Krajánek, JovoMix, Blaník. Na českém trhu jsou tyto produkty doplňovány zahraničními specialitami často ve formě exklusivní distribuce.

Sofistikovaný logistický systém umožňuje obchodním partnerům dodávat zboží jak z centrálního velkoskladu, tak z distribučních středisek za pomoci moderního vozového parku čítajícího přes 120 nákladních automobilů. Hlavním cílem společnosti Alimpex food a.s. je dodání svým zákazníkům jakýkoliv produkt ze svého portfolia na více než 10 000 odběrových míst v odpovídající kvalitě a čase, za použití moderních komunikačních nástrojů.[1.]

1.2. Používané pohonné hmoty

Vozový park společnosti využívá všechny 4 hlavní pohonné hmoty, které jsou v dnešní době na trhu (Motorovou naftu, Natural 95, LPG, Elektrickou energii a kombinace), již dochází k testování prvního tahače a osobního vozidla na CNG. Vzhledem k tomu, že všechna nákladní motorová vozidla a část osobních vozidel využívají motorovou naftu, bude se práce zabývat pouze motorovou naftou.

Motorová nafta

Motorová nafta zažila největší rozmach kolem roku 2000, i když z ekologických omezení neroste její obliba tak, jako kolem zmiňovaného roku, stále ale vzrůstá, a to převážně z důvodu zvyšujícího se objemu přepravovaného zboží a narůstající mobility.

Motorová nafta je jeden z hlavních produktů rafinérií zpracovávající ropu. Z pohledu výroby ji řadíme do kategorie středních ropných destilátů. Získává se destilací surové ropy a dalšími navazujícími procesy, jako jsou hydrokrakování, katalytické krakování či hydrogenační rafinací. Z obecného hlediska je motorová nafta charakterizována jako směs ropných uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíků, které mají bod varu cca 180 až 370°C. Aby se zaručila použitelnost pro spalovací motory, musí splňovat mnoho jakostních ukazatelů. Tyto všechny ukazatele jsou normalizovány a výrobci je pečlivě sledují.

Začátky použití motorové nafty jako paliva spadají do počátku 20. století. V této době německý vynálezce Rudolf Diesel vynalezl vznětový spalovací motor, který používal jako palivo motorovou naftu. Za tento vynález obdržel v roce 1900 na světové výstavě v Paříži ocenění. Lidově se proto vznětovým motorům říká „Diesely“, s tímto označením se častěji setkáme v zahraničí než u nás.

Z počátku jejího používání se za motorovou naftu označoval střední ropný destilát s atributy, které závisely na ropě, ze které byla vyrobena, Ale s rozvojem automobilového průmyslu, zlepšováním konstrukce spalovacích motorů a zvýšenou poptávkou po motorové naftě se pro její výrobu začaly využívat další technologie a procesy. Zpříšňovaly se také normované vlastnosti motorové nafty.

Jedním ze zásadních nedostatků je její tuhnutí a vylučování parafínu při nízkých teplotách. Již od počátku jejího využívání jako paliva byly na čerpacích stanicích k dispozici dva typy motorové nafty, „letní“ a „zimní“, která má nižší bod tuhnutí. Zjistilo se, že bod tuhnutí charakterizuje nedostatečně její chování při nízkých teplotách a proto se začaly zavádět další parametry pro lepší popsání jejího chování při nízkých teplotách.

V 60. letech se spolu s bodem tuhnutí objevil bod zákalu. Ten určuje teplotu, při které se začnou vylučovat první krystaly parafínů. Ale ani tento další parametr nestačil v lepším popsání chování motorové nafty za nízkých teplot. Tak byl bod zákalu v 70. letech nahrazen bodem filtrovatelnosti, což je teplota, při které ještě projde motorová nafta přes přesně definované oka v sítku. V 90. letech se opět vrátili k bodu zákalu, a tak bod filtrovatelnosti opět nahradil bod tuhnutí.

Z hlediska ochrany životního prostředí se v 70. letech začal dostávat do popředí obsah síry v motorové naftě. Motorovou naftu, kterou produkovaly rafinérie v Československu, se začal obsah síry výrazně snižovat z původních 0,5% až na hodnotu 0,15% a to v roce 1987. Československo se stalo z pohledu obsahu síry v motorové naftě předním evropským státem. Před námi byla jen SRN a některé skandinávské země, naopak za zády jsme nechaly takové hospodářské velmoci jako Itálie, Francie a další. Od roku 1995 byla v ČR normována hodnota obsahu síry v motorové naftě max. 0,05%, což bylo opět o více než rok před EU. Obsah síry se i nadále snižuje a v současné době se vyrábí motorová nafta s obsahem síry max. 50 resp. 10mg/kg. Pro zlepšování užitkových vlastností motorové nafty se široce využívají různá aditiva (přísady). Velká většina se již přidává v rafinériích. Přísady zlepšující nízkoteplotní vlastnosti, vodivostní vlastnosti a mazivostní. Jednotlivé velké distribuční společnosti, které se chtějí odlišit od své konkurence a udržet si tak svoji pozici na trhu s pohonnými hmotami, si často přidávají i jiné přísady např. detergenty, inhibitory koroze, neemulgační přísady, protipěnovostní aditiva a další.

V zimních obdobích je možno se setkat s motorovou naftou, která není úplně čirá, ale je mírně zakalená. Tomuto jevu nemusíme přikládat velkou váhu. Teplota, při které se objeví zákal, to značí, že se začne vylučovat parafin z motorové nafty, a ten se nazývá bod zákalu. Vzniklé krystalky jsou však malé a nebrání průchodu paliva palivovým soustavou motoru.

Průchodnost palivové soustavy se oslabí až při snížení teploty pod tzv. bodem filtrovatelnosti, tj. pod teplotu, kdy začínají krystalizovat krystalky parafinů a jsou už tak velké, že ucpou sítko vstřikovacího čerpadla. K zanesení sítka dochází i při dlouhém stání za teplot blížících se bodu filtrovatelnosti. „Zimní nafta“, která se distribuje na našem území a má bod zákalu pod -8°C a filtrovatelnost pod -20°C . Ve skutečnosti se její použitelnost pohybuje okolo -17°C . Protože se i v našich podmínkách vyskytují teploty pod -20°C , vyrábí se ještě tzv. „arktická nafta“, která má reálnou použitelnost až do -30°C , ale tuto naftu najdete jen na vybraných čerpacích stanicích zejména v podhůří Krkonoš a Šumavy. [2.]

2. Rozbor současného stavu

Společnost disponuje vlastní podnikovou čerpací stanicí na motorovou naftu. Na této stanici tankuje velká část její flotily, a proto se práce bude zabývat predikcí spotřeby pohonných hmot z této konkrétní čerpací stanice. Čerpací stanice je zapojena do systému UNIPETROL RPA – odštěpený závod BENZINA, od které má celá flotila tankovací karty. To všechno zjednodušuje účtování a díky značnému množství vozidel, které operují na střediscích po celé ČR se množství spotřebovaných paliv podepisuje na jejich ceně.

2.1. Popis čerpací stanice

Čerpací stanice se nachází v areálu mlékárny Pragolaktos a společnosti Alimpex food a.s. Pozice čerpací stanice - *Obrázek 1*. Spadá do majetku společnosti Alimpex food a.s. a je tedy spravována týmem Správy vozového parku této společnosti. K čerpací stanici se nedochovaly téměř žádné dokumenty, jediné co je k dispozici, je stavební výkres stavby nadzemní části a pravidelné revize zásobních tanků a čerpacích stojanů.

Zásobní tanky jsou dva o celkovém objemu 60 000 litrů. Jsou jednoplášťové, uložené v betonové jímce v podzemí v pískovém loži. V pískovém loži je také uloženo čidlo úniku nafty. Jednoplášťové tanky na naftu takového objemu jsou již zakázány. V našem případě prozíravost vedoucího správy vozového parku prodloužila jejich životnost tím, že nechal vystavit revizi těchto nádrží před uvedením platnosti zákona zakazujícího používání těchto jednoplášťových tanků. Platnost revize je 5let a revize vyprší v roce 2018. Potom společnost Alimpex food a.s. bude muset investovat do přestavby nebo zavřít čerpací stanici.

Stanice je osazena dvěma výdejními stojany. Každý má jiný průměr tankovací pistole, aby zde mohly tankovat i osobní automobily a nikoliv jen nákladní, které potřebují pro načerpání většího objemu paliva za nižší čas, širší průměr koncovky a výkonnější čerpadlo. Oba výdejní stojany jsou napojeny na karetní kiosek od společnosti UNIPETROL RPA – odštěpný závod BENZINA. Na této čerpací stanici se dá tankovat pouze s tankovací kartou od společnosti UNIPETROL RPA – odštěpný závod BENZINA vydanou pro společnost Alimpex food a.s.. Zamezilo se tak tankování cizí osobou. Čerpací stanice je samoobslužná a není zde přítomna žádná obsluha.



Obrázek 1 Letecký pohled na areál [13.]

2.2. Dodavatel motorové nafty

Společnost BENZINA, i když působí navenek, jako samostatná společnost jedná se ve skutečnosti jen o samostatnou jednotku společnosti UNIPETROL RPA. Dále je matoucí, že UNIPETROL RPA je 100% akcionářem České rafinérské, která stále vystupuje, jako

výrobce a dodavatelem motorové nafty pro popisovanou čerpací stanici. V následujících odstavcích bude přibližena společnost UNIPETROL RPA.

UNIPETROL RPA je hlavním českým výrobcem v odvětví rafinérských, petrochemických a agrochemických komodit, od čehož neodvozená zkratka RPA: rafinérie, petrochemie, agrochemie. Společnost je dodavatelem motorových paliv, topných olejů, asfaltů, zkapalněných ropných produktů, olejových hydrogenátů, ostatních rafinérských produktů, olefinů a aromátů, agrochemikálií, sazí a sorbentů, polyolefinů (vysokohustotních polyetylu, polypropylénu).

Podnik se skládá z výrobní jednotky a obchodní jednotky a to podle druhu produktů.

Výrobní jednotka

Výrobní jednotka je tvořena ze Závodu chemické výroby, Závodu Služeb, Technického úseku a Odboru údržby.

- Závod chemické výroby spravuje výrobní jednotky podle plánu a potřeb Jednotky Monomery a chemikálie a Jednotky Polyolefiny. Obsahuje etylénovou jednotku, produkci polypropylenu a polyetyleny, produkci vodíku, produkci amoniaku a močoviny, produkci sazí Chezacarb a produkci a distribuci technických plynů pro celý závod.
- Závod Služeb celý areál obhospodařuje a obstarává distribuci plastů, močoviny a Chezacarbu.

Jednotka energetických služeb

Tento úsek poskytuje celému areálu energii, vodu a zabezpečuje čištění splaškových vod.

Jednotka rafinérie

UNIPETROL RPA rozvrhuje a řídí zpracování ropy v České rafinérské, a to hlavně dle potřeb kontinuální výroby v seskupení UNIPETROL RPA. Má na starosti nákup ropy pro výrobu celé skupiny a velkoobchod s motorovými palivy a ostatními rafinérskými produkty.

Hlavní činnosti:

- Komplexní zásobování surovinami pro petrochemickou výrobu ve skupině UNIPETROL
- Prodej motorových paliv a dalších rafinérských výrobků.
- Nákup ropy pro rafinérskou výrobu ve skupině UNIPETROL.

- Optimalizace a propojení rafinérské a petrochemické výroby se snahou o maximální využití spolupráce technologických celků.
- Optimalizace rafinérské výroby ve skupině UNIPETROL.

Jednotka monomery a chemikálie

Hlavním úkolem této jednotky je podnikání v oblasti petrochemických produktů, močoviny a čpavku. Plánuje a řídí výrobu následující po zpracování ropy a dodání meziprojektu pro návazný úsek polyolefinů. Tato jednotka je zásadním dodavatelem propylenu, etylenu, čpavku, benzenu a dalších chemických a petrochemických surovin pro další firmy v České republice i ve střední Evropě.

Hlavní činnosti:

- Zabezpečovat suroviny pro výrobu polyolefinů v UNIPETROLU.
- Prodej produktů, čpavku a močoviny.
- Trvalé zlepšování petrochemické a chemické výroby

[3.]

2.3. Popis logistického vedení čerpací stanice

Z důvodu zastaralé technologie čerpací stanice je měření objemu nafty v nádržích prováděno zastaralým způsobem. Pověřený pracovník vezme kalibrovanou tyč (speciální tři metry dlouhá plochá tyč s vyraženými díly po centimetrech), po celé její délce natře křídou, tak aby pokryla celý povrch tyče. Tyč zasune přes odvětrací trubku do tanku. Odvětrací trubka je jen o kousek širší než tyč, zajistí tedy, že tyč je vkládána kolmo do nádrže. Díky tomu, že nafta je mastná a váže se na křídu, zůstane zřetelně vidět, kam dosahovala hladina po vytažení měřicí tyče. Podle přepočtové tabulky dostane z výšky hladiny aktuální objem nafty v nádržích čerpací stanice. Každá z nádrží má vlastní přepočtovou tabulku. Toto měření se provádí jednou týdně. Není přesně určený den ani hodina tohoto měření, určují si ho sami pracovníci podle dlouholetých zkušeností. Tímto postupem se také kontroluje přečerpané množství nafty po závozu. Vždy před a po závozu. Oba údaje jsou jakousi inventurou a zadávají se do kiosku čerpací stanice. Výstup o množství nafty je vstup pro objednání. Teplotu nafty v nádrži nemusíme měřit, protože nádrže jsou pod zemí v nezámrzové hloubce (v ČR 80cm pod povrchem země), kdy se předpokládá, že se teplota v nádrži nemění.

Objednání závozu

Objednávání závozu se provádí elektronicky pomocí e-mailu, v kterém se specifikuje požadované množství a typ nafty. Rozhodnutí o typu nafty je vždy na vedoucím správy autoparku. V případě, že předpokládá nižší teploty, objednáva dopředu naftu do nižších teplot, dále má na paměti, že se vždy objednáva pouze jedno závozové auto o objemu 37 000 litrů. V těchto případech se prodlouží objednací interval, tak aby došlo k co největšímu vyčerpání zásob. Ze zkušeností vedoucího správy vozového parku vyplývá, že tzv. „arktickou naftu“ je vhodné objednávat vždy od denních teplot pohybujících se okolo -8°C. Vyšší cena za litr paliva vyváží problémy spojené se zpožděním dodávek, „rozmrazování aut“, náklady na výměnu ucpaných filtrů a dalších problémů s technikou..

3. Cíle práce a metodika

3.1. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je seznámit čtenáře s vybranými metodami predikce, pomocí znalostí těchto metod aplikovat na predikci spotřebu motorové nafty na vnitropodnikovou čerpací stanici. Vyhodnotit, která metoda/y je nejvhodnější Hlavním cílem by měl být ucelený podklad pro vedení společnosti Alimpex food a.s. o budoucím vývoji spotřeby motorové nafty na jejich čerpací stanici. Délka predikce byla zvolena na jeden rok s měsíční četností.

Druhá část mapuje problematiku stanovení obsahu vody v motorové naftě pomocí Coulometrické titrační metodě podle Karla Fishera. Provedení kontrolních měření tohoto kvalitativního parametru. Z vyhodnocení by mělo vzejít doporučení zda, kvalita dodávané pohonné hmoty odpovídá normám.

3.2. Predikce spotřeby

Předpověď poptávky patří vedle přijatých objednávek k základním vstupům logistických informací a její význam pro úspěšné řízení toků zboží stále roste. Stačí si uvědomit, že všechno, co podnikatel uskutečňuje, je založeno na jeho odhadu, komu bude poskytovat právě tyto služby, za které mu bude jeho budoucí zákazník platit. Pasivním čekáním na zákazníka a jeho objednávku v podmínkách ostrého konkurenčního boje nedává šanci amatérům a je v přímém rozporu se snahou poskytovat konkurenceschopnou úroveň služeb. Zatím nejsou k dispozici dokonale pružné výrobní a distribuční systémy a stále se nedaří dosáhnout stavu, kdy doba, po kterou je zákazník ochoten čekat na vyřízení

objednávky, je právě rovna, nebo dokonce menší než doba, kterou partneři v dodavatelském systému potřebují pro realizaci jeho objednávky. Řešit tento rozpor pomocí vysokých stavů zásob, z nichž bychom rychle splnili každý požadavek zákazníka, není ekonomicky přijatelné a u řady výrobků ani např. vzhledem k jejich omezené skladovatelnosti realizovatelné. Jednou z cest je odhad poptávky na časový horizont blízký termínu vyřízení objednávky, který umožní očekávané množství výrobků vyrobit v dostatečném předstihu. Hledání vhodných metod předvídání požadavků zákazníků patří ke kritickým aktivitám managementu firem a jde vzhledem k stále turbulentnější poptávce konečných zákazníků o nekonečný problém „Firmy vynakládají obrovské úsilí zaměřené na předvídání nových výrobků, podniků, tržeb, ekonomických vlivů ...“. Přes pokrok v metodice předpovídání poptávky a dostupnosti mnoha SW produktů orientovaných účelně na problematiku předpovědí stále neexistuje univerzální metodika a stále nevíme, zda jsme zvolili nejlepší cestu pro odhad prodeje. Autor Plossel použil při této příležitosti přirovnání, v němž hovoří o tom, že „Předpověď je jako sex ve společnosti: potřebujeme to, nemůžeme se bez toho obejít, každý to tím nebo jiným způsobem dělá, ale nikdo si není jist, že správným způsobem“.

Za předpověď poptávky budeme považovat pro naše účely systematický postup vedoucí k odhadu velikosti poptávky na zvoleném období opírající se o využití intuitivních, metodických, matematických a statistických metod.

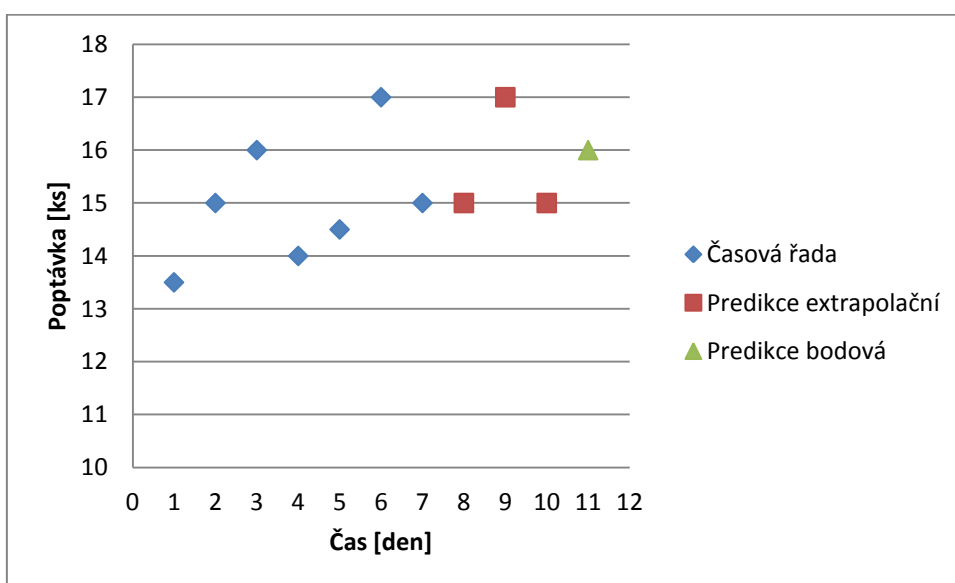
Vedle předpovědi je používán termín predikce nebo prognóza. Rozdíl v obou pojmech spatřují někteří autoři v tom, že zatímco predikce je jednoznačně určením budoucího stavu předvídané veličiny, prognóza poskytuje varianty, cesty možného vývoje nějakého systému.

Předpovědi poptávky můžeme rozdělit podle požadavků na ně kladených:

- Na odhad výsledků nějakého rozhodnutí, např. jak se zvýší poptávka zákazníků v regionu po výstavbě distribučního centra, jaká bude návratnost investice do nákupu nových dopravních prostředků, jaký bude růst produktivity práce po zavedení mechanizačních prostředků ve skladu.
- Na odhad termínu realizace rozhodnutí, kdy bude nová výrobní linka uvedena do provozu, za jak dlouho bude dokončena výstavba centra.

- Zejména na to, jaký bude další vývoj poptávky, jejíž odhad patří ke klíčovým informacím v oblasti řízení hmotných toků.

V případech kvalifikace vývoje poptávky je nezbytné rozhodnout o délce časového horizontu „ T “, na který chceme poptávku určit. Při délce v řádu několika let, nejčastěji jednoho až tří, hovoříme o strategické předpovědi, v horizontu v rozmezí jednoho až tří měsíců v souladu s požadavky na krátkodobé plánování jde o operativní předpovědi. Obě skupiny mají v logistice svůj význam. Strategická předpověď je nezbytná při zpracování konceptu nového distribučního skladu, u něhož je investory očekávaná návratnost investice v rozmezí 3 až 5 let, na kvalitě operativní, krátkodobé předpovědi závisí požadovaný stav zásob, požadovaná úroveň služeb zákazníkům apod. Minimální časový horizont předpovědi by měl být roven rozdílu P a D time. (P = výrobní čas, D = čas, za který je doručena objednávka). Východiskem pro předpověď poptávky, zejména při používání matematických metod, je časová řada prodejů o délce T . Vztah mezi T a T' umožňuje specifikovat dvě skupiny odhadů. Je-li $T = 1$, jde o bodový odhad, je-li $T > 1$, o odhad extrapoláčnický.



Obrázek 2 Délka použité časové řady a délka časového horizontu předpovědi

Dalším faktorem působícím na používané předpovědní metody je požadavek na formu výstupů použité metodiky. Pokud je možné stanovit poptávku deterministicky jako jediné číslo μ , jde i bodový odhad, např. že v dubnu bude poptávka zákazníků rovna 250 kusům výrobku. V případech, kdy poptávka má náhodné výkyvy, je výhodnější odhad intervalu, jehož výsledkem je stanovení intervalu (μ^d, μ^h) , ve kterém se bude poptávka pohybovat s určitou pravděpodobností. V omezených případech je cílem předpovědi odhad i funkce, tzv. pravděpodobnostní odhad.[11.]

Zdroje informací pro předpovědi poptávky je možné rozdělit do dvou velkých skupin, jejichž vhodná kombinace je asi jedinou cestou vedoucí k jejich uspokojivé úrovni.

První tvoří intuice a zkušenosti pracovníků firem. Systematický sběr zkušeností, zejména prodejců, pracovníků call center, získaných kontaktem se zákazníky a jejich trvalé vyhodnocování jsou velmi cenné.

Druhá jak již bylo řečeno, vychází z historického průběhu poptávky ve formě časových řad dosahovaného průběhu poptávky, tvořeného hodnotami prodejů za uplynulé období délky T :

$$D_1 + D_2 + \dots + D_{T-1} + D_T$$

Hodnoty nemusí úplně odrážet skutečnou poptávku po výrobcích a službách konkrétního dodavatelského systému, protože ne vždy se podaří splnit všechny požadavky zákazníků. Dosažený prodej je např. v některých obdobích z různých důvodů nižší než skutečná poptávka a pro volbu strategie by bylo výhodné odhadnout nejen vlastní podíl na poptávce, ale i celkovou kapacitu trhu, tedy prodeje stejné komodity u konkurentů. Délka použitých časových řad T je třeba volit tak, aby získané výběrové charakteristiky poptávky:

- Byly zjištěny zejména u průměrné poptávky a jejího rozptylu, respektive směrodatné odchylky, s dostatečnou spolehlivostí.
- Zachytily poslední typický vývoj sledované veličiny a v případě řad se sezonními výkyvy pokryly celou sezonu, lépe více sezon v případech, kdy se sezónní výkyvy mění, nebo vykazují trend. Výkyvy poptávky v roce vyžadují minimální délku 12 měsíců, v týdnu alespoň 7 dní apod.
- Vytvořit dostatečný časový předstih plynoucí z rozdílu P a D hodnot.

Požadavky na předpovědi, zejména nároky na jejich podrobnost a přesnost se výrazně liší podle toho, pro jaké účely slouží. Problém požadavku názorně ilustruje odlišné hodnocení srovnání dosažených výsledků s předpovědi podniku. Finanční útvary s uspokojením např. konstatují, že „Předpověď vyšla, byl naplněn plán tržeb, tvorba zisku“ a pracovníci výrobního úseku hodnotí výsledky tak, že „Sice finanční ukazatele vyšly, ale museli jsme vyrábět jiné výrobky, v jiném provedení a sortimentu“. Pro předpověď finančních toků stačí odhad prodejů v agregované formě, např. objem prodejů celých výrobních skupin, pro plánování a řízení výroby odhad požadavků na jednotlivé výrobky pokud možno i v časovém rozložení v plánovacím období. Logistické požadavky směřují

na co nejpodrobnější odhady v sortimentu, kvalitě, termínech, zásobovacích odhadech a dosažení co největší přesnosti. Je zřejmé, že požadavky na podrobnost a přesnost souvisejí s délkou časového horizontu, s rostoucí délkou T' klesá dosažitelná přesnost předpovědi. Přesnost předpovědi hodnotíme „ ex post“ srovnáním skutečné poptávky D s naším odhadem μ pomocí jednoduchých ukazatelů.[11.]

Absolutní chyba $\varepsilon = [D - \mu]$

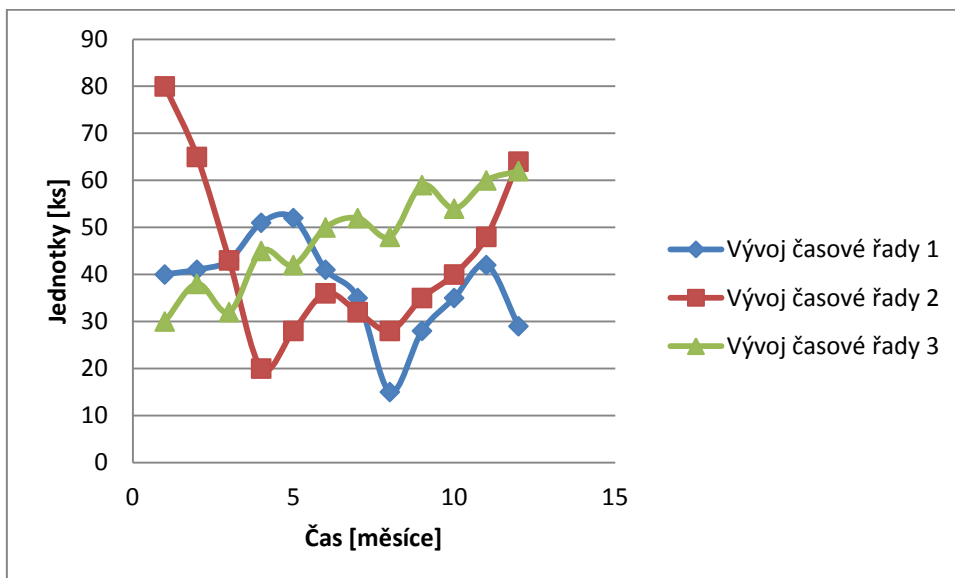
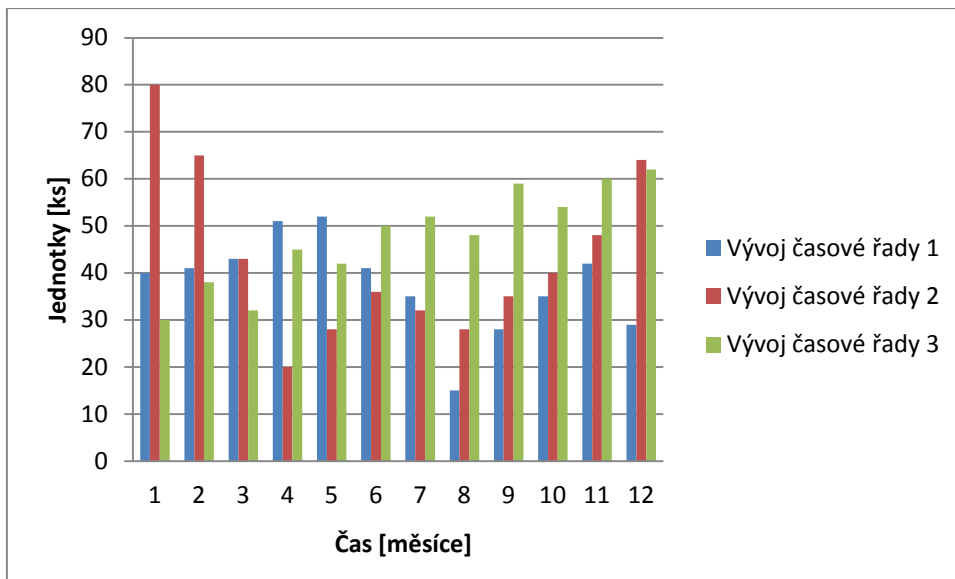
Relativní chyba $\varepsilon_r = \frac{[D-n]}{D}$

Kvadratické chyby $\varepsilon^2 = (D - \mu)^2$

Kvadratické relativní chyby $\varepsilon_r^2 = \frac{(D-n)^2}{D}$

3.3. Vybrané metody předvídání poptávky

První představu o vývoji časové řady poskytuje její grafické znázornění. Ve srovnání s tabulkovou formou lze z grafu odhadnout trend vývoje, na grafu jsou zřejmé anomálie ve vývoji časové řady, na malém prostoru lze znázornit velké množství údajů, hodnoty jsou zobrazeny v přehledné, srozumitelné formě a prostřednictvím grafu je možno srovnávat vývoj více veličin vedle sebe. “ Prostředí Excelu nabízí velmi pestrou paletu grafů, které svádí k použití některých druhů, které se pro získání citované výhody nehodí. Pro naše účely je vhodné dávat přednost spojnicovým nebo bodovým grafům. Nevhodné jsou např. sloupcové grafy zejména v případech srovnávání vývoje více časových řad, jak ukazuje **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, kde jsou znázorněné časové řady tří výrobků spojnicovým a sloupcovým grafem. Rozměry grafu jsou doporučeny v rozměrech „ zlatého řezu“, poměr šířky k součtu šířky a délky by měl být roven hodnotě 0,612.[11.]



Obrázek 3 Srovnání vývoje časových řad prodeje tří výrobků

3.3.1. Aritmetický průměr

Mezi statistické veličiny řadíme i aritmetický průměr, dá se říci, že se jím dá popsat množina mnoha hodnot. Průměr se většinou značí pruhem nad označením proměnné, nebo řeckým písmenem μ . Charakteristická rovnice aritmetického průměru je:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

tzn. součet veškerých hodnot podělený jejich počtem. Aritmetický průměr se běžně označuje jen jako „průměr“.

Vlastnosti aritmetického průměru

$$\begin{aligned} & \bullet \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0 \\ & \bullet y_i = ax_i + b \Rightarrow \bar{y} = k\bar{x} + c \end{aligned}$$

(linearita průměru), speciálně:

$$\begin{aligned} & \bullet y_i = x_i + c \Rightarrow \bar{y} = \bar{x} + c \\ & \bullet z_i = kx_i \Rightarrow \bar{z} = k\bar{x} \end{aligned}$$

Problémy průměru

Aritmetický průměr je ze statistiky jedním z nejčastěji používaných pojmů. Tento pojem se již tak zažil, že ho používáme i v jiných souvislostech než jen Aritmetický průměr, Je to zřejmě nejčastěji používaný statistický pojem, který se objevuje i v běžném lidském vyjadřování. Nevýhodou je, že jak je jeho konstrukce jednoduchá, mnohdy se používá špatně a někdy se jím i záměrně falšují výsledky.

Nejčastější chybou je použití aritmetického průměru tam, kde je vhodnější použít jinou statistickou metodiku. Např. průměrný počet ulic v české obci je 13, ale jen 31 z 6250 obcí (méně než 0,5 %) má spočtený průměrný počet ulic. Další příklad aritmetický průměr majetku obyvatel v americkém městečku Redmond je nesmírně vysoké číslo, ale to neznamená, že typický občan tohoto města je bohatý. Tento fakt pouze ukazuje, že ve vybraném městě bydlí nejbohatší člověk na světě Bill Gates. Jinak řečeno, jedna hodnota, která se velmi výrazně vystupuje z řady ostatních hodnot, může zkreslit hodnotu aritmetického průměru tak, že průměr nabude zcela iluzorní hodnoty. Např. aritmetickým průměrem množiny { 1, 2, 2, 2, 3, 9 } je zhruba 3,2, přestože pět ze šesti hodnot tohoto souboru je menších. [4.]

3.3.2. Vyrovnání časových řad vhodnou regresní křivkou

Prostředí Excelu nabízí pohodlné využití metod, které vyrovnávají časovou řadu vhodně volenou křivkou pomocí tzv. regresní analýzy, vyjadřující závislost poptávky na čase

metodou nejmenších čtverců, při které při hledání konstant zvolené křivky minimalizujeme sumu kvadrantů odchylek vyrovnaných D_t a skutečných D_t .

$$(a, b_i) = \operatorname{arg}_{a, b_i} \min \sum_{t=1}^T (D_t - D_t)^2$$

Obecně lze použít polynom k-tého stupně ve tvaru

$$D' = a + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_k t^k$$

Ale nejčastěji jsou prokládány hodnoty poptávky přímkou, funkcí kvadratickou, exponenciálními funkcemi, případně hyperbolou.

$$D' = a + b_t t$$

$$D' = ab^t$$

$$D' = a \left(\frac{b}{t} \right)$$

$$D' = a + b_1 t + b_2 t^2$$

$$D' = ae^{bt}$$

Výhodnost zvoleného tvaru křivky lze posoudit podle hodnoty korelačního indexu, kde je průměrná hodnota poptávky v období T . Hodnota ukazatele se pohybuje v intervalu $(0,1)$, čím více se blíží jedné, tím je vyrovnání kvalitnější:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (D_t - D_t)^2}{\sum_{t=1}^T (D_t - \bar{D})^2}$$

Protože jmenovatel zlomku je pro různé typy hodnocených křivek stejný (jde o rozptyl hodnot D_t), stačí použít jen čitatele zlomku, který vyjadřuje rozptyl skutečných a vyrovnaných hodnot. Křivka s nižším rozptylem lépe popisuje trend vývoje řady:

$$s^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (D_t - D_t)^2$$

Vzhledem k tomu, že s rostoucím počtem stupňů volnosti automaticky roste i hodnota těchto ukazatelů bez ohledu na to, zda jde opravdu o vhodnější křivku, doporučují se jiné míry. Patří k ní Schwarzovo nebo Akaikovo kritérium:

$$SIC = T^{\frac{k}{T}} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (D_t - D_t)^2$$

$$AIC = T^{\frac{2k}{T}} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (D_t - D_t)^2$$

Použití obou kritérií hodnotí vyrovnání stejně, s klesající hodnotou roste hodnota vyrovnání. Předpověď na delší $T+1$, období získáme dosažením do zvolené funkce [11.]

$$D = f(t) \text{ za } t = T + 1$$

3.3.3. Klouzavý průměr

Metoda klouzavých průměrů je schopná pracovat s takovými řadami, jejichž trendy podléhají časovým změnám. Nastane-li takový případ, nelze aproximovat „veškeré hodnoty“ časové řady matematickou funkcí (např. polynomem) s neměnnými parametry, ale k vyrovnání krátkých časových úseků je možné použít polynom některého blízkého stupně. Avšak časová řada nesmí obsahovat sezónní složky ani cyklické fluktuační. [6.]

Princip metodiky klouzavých průměrů

Metoda klouzavých průměrů si zakládá na vyrovnání krátkých částí časové řady polynomickými funkcemi. Má dvě proměnná:

- délku klouzavého průběhu,
- řád klouzavého průměru.

Délka vyrovnaných časových úseků řady udává délku klouzavých průměrů. Je obecným pravidlem, že je to liché číslo ($2m+1$).

Řád klouzavých průměrů (r) zastupuje stupeň vyrovnávacího polynomu.

Postup pro konstrukci klouzavých průměrů je tento. Nejprve se musí použít optimální polynom k vyrovnání prvních $2m+1$ členů časové řady. tj. členy Y_1, \dots, Y_{2m+1} , a hodnotu vyrovnávacího polynomu v „středovém“ bodě (v čase $t = m+1$) se bude považovat za vyrovnanou hodnotu Y_{m+1} dané řady pro tento bod. Pro získání vyrovnané hodnoty Y_{m+2} (v čase $t = m+2$) se zrealizuje totožná operaci s hodnotami $Y_2, Y_3, \dots, Y_{2m+2}$, atd. Lze si to představit tak, že se vedle zkoumané časové řady postupně (vždy o jednu hodnotu) posouvá „okénko“ o délce $2m+1$ a s hodnotami, které „leží“ uvnitř tohoto okénka, se udělá naznačená operace. Vyrovnané hodnoty časové řady pak tvoří lineární kombinaci hodnot původní řady s pevně stanovenými koeficienty.

Metodou klouzavých průměrů je vyrovnána daná časová řada délky $2m+1 = 5$ a řádu $r = 3$. V podstatě jde pokaždé o vyrovnávání pěti hodnot zamýšlené časové řady ($Y_{t+\tau}$, $\tau = -2, -1, 0, 1, 2$) polynomem 3. stupně.

Koeficienty rovnacího polynomu se určí metodou nejmenších čtverců, tj. minimalizací výrazu

$$\sum_{\tau=-2}^2 (y_{t+\tau} - \beta_0 + \beta_1\tau - \beta_2\tau^2)^2$$

Odvíjející soustava normálních rovnic pro odhady b_j koeficientů

β_j , $j = 1, 2, 3, 4$, má tvar

$$\sum_{\tau=-2}^2 Y_{t+\tau} \tau^j - b_0 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^j - b_1 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^{j+1} - b_2 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^{j+2} - b_3 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^{j+3} = 0.$$

Protože pro lichá j platí obecně

$$\sum_{\tau=-2}^2 \tau^i = 0$$

uvedená soustava se výrazně zjednoduší

$$5b_0 + 10b_2 = \sum_{\tau=-2}^2 Y_{t+\tau},$$

$$10b_1 + 34b_3 = \sum_{\tau=-2}^2 \tau Y_{t+\tau},$$

$$10b_0 + 34b_2 = \sum_{\tau=-2}^2 \tau^2 Y_{t+\tau},$$

$$34b_1 + 130b_3 = \sum_{\tau=-2}^2 \tau^3 Y_{t+\tau}.$$

V této chvíli nám stačí pouze hodnota vyrovnávacího polynomu v bodě $\tau = 0$, tj. odhad b_0 .

Z řešení první a třetí rovnice soustavy ($y_t = T_t + \alpha_t$, $t = 1, \dots, n$) vyplyne

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{35} \left(17 \sum_{\tau=-2}^2 Y_{t+\tau} - 5 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^2 Y_{t+\tau} \right) = \\ &= \frac{1}{35} (-3Y_{t-2} + 12Y_{t-1} + 17Y_t + 12Y_{t+1} - 3Y_{t+2}) \end{aligned}$$

Odhad b_0 zastává současně vyrovnanou hodnotu časové řady v čase t , takže

$$Y_t = \frac{1}{35} (-3Y_{t-2} + 12Y_{t-1} + 17Y_t + 12Y_{t+1} - 3Y_{t+2})$$

což se většinou (symbolicky) zapisuje ve tvaru

$$Y_t = \frac{1}{35} (-3, 12, 17, 12, -3) Y_t$$

- Z uvedeného je evidentní, že klouzavé průměry délky $2m + 1$ jsou lineární kombinace hodnot $Y_{t-m}, Y_{t-m+1}, \dots, Y_{t+m}$ s bezpečně určenými koeficienty. Tyto koeficienty (racionální čísla) jsou nazývány váhy klouzavých průměrů a jsou tabelovány (např. v monografii [6.]). [6.]

Váhy klouzavého průměru

Pro váhy klouzavých průměrů platí následující tvrzení:

- Součet vah klouzavého průměru je roven 1.
- Váhy jsou symetrické „kolem“ střední hodnoty, tj. koeficienty u členů Y_{t-j} a Y_{t+j} pro $j = 1, 2, \dots, m$ jsou shodné.
- Je-li řád r klouzavého průměru sudé číslo, pak klouzavé průměry řádu r a $r + 1$ jsou identické.

Vyrovnaní počátečních a koncových úseků časové řady

V předchozích odstavcích bylo popsáno vyrovnaní časových řad, ze kterých ale získáme pouze vyrovnané hodnoty pouze pro $t = m + 1, m + 2, \dots, n - m$, což znamená, že první m hodnota stejně jako poslední m hodnota, dané časové řady je setrvání nevyrovnáno. Proto nyní bude následovat postup, jak získat vyrovnané hodnoty na začátku a na konci časové řady, přitom se bude pokračovat na řešení příkladu z předchozích oddílů.

Nejprve se musí odvodit rovnice pro vyrovnané hodnoty Y_{n-1} a Y_n . Postup je postaven na vyrovnaní posledních pěti hodnot časové řady, tj. hodnoty $Y_{n-4}, Y_{n-3}, Y_{n-2}, Y_{n-1}, Y_n$, pomocí polynomu 3. stupně.

$$Y_{n-2+\tau} = b_0 + b_1\tau + b_2\tau^2 + b_3\tau^3$$

Pro hodnoty $\tau = 1$ a $\tau = 2$. K-ním navíc bude potřeba znát ještě odhady b_1, b_2 , a b_3 .

Řešením získáme:

$$b_1 = \frac{1}{72} \left(65 \sum_{\tau=-2}^2 Y_{t+\tau} - 17 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^3 Y_{t+\tau} \right)$$

$$b_2 = \frac{1}{14} \left(\sum_{\tau=-2}^2 \tau^2 Y_{t+\tau} - 2 \sum_{\tau=-2}^2 Y_{t+\tau} \right)$$

$$b_3 = \frac{1}{72} \left(5 \sum_{\tau=-2}^2 \tau^3 Y_{t+\tau} - 17 \sum_{\tau=-2}^2 \tau Y_{t+\tau} \right)$$

Jestliže v této chvíli bude dosazeno za všechny odhady a postupně volíme $\tau = 1$ a $\tau = 2$, získáme pro vyrovnané hodnoty Y_{n-1} a Y_n

$$Y_{n-1} = \frac{1}{35} (2, -8, 12, 27, 2) Y_{n-2}$$

$$Y_n = \frac{1}{70} (-1, 4, -6, 4, 69) Y_{n-2}$$

Právě odvozené vztahy se nazývají koncové klouzavé průměry a příslušné koeficienty (u jednotlivých členů) jsou jejich váhy.

Podobným postupem na vyrovnání prvních pěti členů se získá rovnice pro počáteční klouzavé průměry

$$Y_1 = \frac{1}{70} (69,4, -6,4, -1) Y_2$$

$$Y_2 = \frac{1}{35} (2,27,12, -8,2) Y_2$$

Predikce pomocí klouzavého průměru

Odvozené vztahy se dají použít i pro krátkodobou předpověď.

Položíme-li $\tau = 3$, můžeme psát

$$Y_{n+1}(n) = \frac{1}{5} (-4,11, -4, -14,16) Y_{n-2}$$

Kde $Y_{n+1}(n)$ označuje předpověď hodnoty Y_{n+1} navrženou v čase $t = n$. Uvedený postup je vhodný jen pro získání krátkodobých předpovědí. Obecně totiž platí, že čím je vzdálenější budoucnost předpovědi, tím je jeho přesnost menší.[6.]

Volba parametru metody

Parametry pro metodu klouzavých průměrů se obvykle volí subjektivně na základě zhodnocení charakteru experimentálních dat s tím, že se favorizují vyrovnávací polynomy co nejnižšího řádu a délky podle zvoleného stupně vyhlazení.

Délka klouzavých průměrů by se měla shodovat s periodou sezónních nebo cyklických fluktuací, která se má odstraňovat (vyhladit). Pokud se tak nestane, i po vyhlazování zůstanou zachovány periodické fluktuace.

V monografii [6.] se uvádí nezaujaté kritérium pro určení řádu klouzavých průměrů.

Navrhované kritérium je ve tvaru

$$V_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (\Delta^k Y_t)^2}{\binom{2k}{k} (n-k)}$$

kde $\Delta^k Y_t$ je řada k -tých rozdílů původní časové řady. Z teorie vyplývá, že pro $k \geq r + 1$ představuje hodnota kritéria V_k odhad rozptylu bílého šumu. V praxi se postupně zjišťují hodnoty V_1, V_2, \dots , dokud se nezajistí, že tyto hodnoty začínají konvergovat k nějaké konstantě. Přibližují se již hodnoty V_{r+1}, V_{r+2}, \dots této konstantě, doporučuje se zvolit klouzavé průměry řady r . Kritéria V_k nejsou vůči sobě nezávislé a nemusí zjevně konvergovat k nějaké konstantě. Avšak uvedený postup umožňuje získat horní hranici pro řád klouzavých průměrů.[6.]

Jednoduché klouzavé průměry

Výpočet klouzavého průměru se významně zjednoduší, jestliže jsou zvoleny tzv. jednoduché klouzavé průměry. Jedná se o prosté aritmetické průměry jednotlivých hodnot časové řady. Např. jednoduché klouzavé průměry délky 5 mají tvar

$$Y_t = \frac{1}{5} (1,1,1,1,1)Y_t$$

Je patrné, že jednoduchý klouzavý průměr liché délky $2m + 1$ odpovídá „klasickému“ klouzavému průměru řádu 0 nebo 1 totéž délky. Také stavba předpovědí budoucích hodnot časové řady $Y_{t+\tau}$, $\tau > 0$, s použitím jednoduchých klouzavých průměrů liché délky je velmi nenáročná, platí totiž obecně

$$Y_{n+\tau} = \frac{1}{2m+1} (1,1, \dots, 1)Y_{n-m}$$

Právě v okrouhlé závorce je právě $2m+1$ jedniček.

Vyrovnaní časové řady za přispění jednoduchých klouzavých průměrů sudé délky není vhodné, protože vyrovnaná hodnota pak neodpovídá žádné hodnotě pozorování. Ale taková situace denně nastává u ekonomických časových řad, kdy je obvyklé volit délku klouzavých průměrů rovnou 12 (měsíčních pozorování), nebo 4 (kvartální pozorování). Při takových případech se radí použít tzv. centrované klouzavé průměry.

Zvažujme např. ekonomickou časovou řadu měsíčních pozorování. Využitím jednoduchých klouzavých průměrů délky 12 by sice zajistilo eliminovat sezónní fluktuační řady, ale aritmetický průměr lednové až prosincové hodnoty za celý rok nelze přidružit žádné skutečné hodnotě pozorování, protože „se vyskytuje“ právě uprostřed mezi červnovým a červencovým pozorování. V případě, že zprůměrujeme dva takové sousedící jednoduché klouzavé průměry, které odpovídají středům intervalů červen- červenec a červenec- srpen, pak nově vzniklou vyrovnanou hodnotu můžeme přiřadit k červencovému pozorování. Tímto způsobem vznikne centrovaný klouzavý průměr délky 13 ve tvaru

$$\begin{aligned} Y_t &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{12} (Y_{t-6} + Y_{t-5} + \dots + Y_{t+5}) + \frac{1}{12} (Y_{t-5} + Y_{t-4} + \dots + Y_{t+6}) \right\} = \\ &= \frac{1}{24} (Y_{t-6} + 2Y_{t-5} + 2Y_{t-4} + \dots + 2Y_{t+4} + 2Y_{t+5} + Y_{t+6}) \end{aligned}$$

Uvedena rovnice umožňuje spočítat vyrovnanou červencovou hodnotu tak, že použijeme únorové až prosincové hodnoty příslušného roku s váhami $1/12$ a lednová pozorování uvažovaného a následujícího roku s váhami $1/24$.

Podobně se postupuje i v případě čtvrtletních pozorování, kdy používáme centrované klouzavé průměry s délkou 5 ve tvaru [6.]

$$Y_t = \frac{1}{8}(Y_{t-2} + 2Y_{t-1} + 2Y_t + 2Y_{t+1} + Y_{t+2})$$

Vliv metody na složky časové řady

Z teoretické rozvahy vyplývají následující závěry:

- Metodika klouzavých průměrů by neměla mít žádný významný vliv na průběh trendové složky.
- Sezónní složka (periodické fluktuace vyšších frekvencí), by měla být po aplikaci metody klouzavých průměrů v podstatě odstraněna, zatímco významný podíl cyklické složky (fluktuace nízkých frekvencí) setrvává ve vyrovnané řadě. [6.]

Metoda klouzavých mediánů

Metoda klouzavých mediánů patří taktéž k metodám adaptivním, protože při analýze řady zohledňuje trendovou složku, která podléhá časovým změnám. Princip této metody, taktéž i praktické zkušenosti s její aplikací, popisuje J. W. Tukey v monografii. [7.]

Princip metody klouzavých mediánů

Metoda je založena stejně jako metoda klouzavých průměrů na vyrovnávání krátkých úseků časové řady pomocí mediánu. Ale na rozdíl od metody klouzavých průměrů má pouze jedinou proměnnou, a to délku klouzavých mediánů.

Délka klouzavých mediánů vytyčuje skutečnou délku vyrovnání. Délka klouzavých mediánů úseků časové řady. Taktéž jako v případě metody klouzavých průměrů se radí, aby délka klouzavých mediánů byla rovna příhodnému lichému číslu ($2m + 1$, $m \in N$).

Postup při sestavování klouzavých mediánů je následující. Nejdřív vyrovnáme pomocí mediánu prvních $2m + 1$ členů časové řady, tj. členy Y_1, \dots, Y_{2m+1} , a hodnotu tohoto mediánu jsou pokládány za vyrovnanou hodnotu Y_{m+1} dané řady v prostředním bodě (v čase $t = m + 1$). Pro získání vyrovnané hodnoty Y_{m+2} (v čase $t = m + 2$) provedeme totožnou operaci, tj. určení mediánu s hodnotami $Y_2, Y_3, \dots, Y_{2m+2}$, atd. Lze si představit, že se podél zkoumané časové řady posouvá, vždy o jednu hodnotu, „okénko“ o délce $2m + 1$ a z hodnoty, která „leží“ uvnitř tohoto okénka, se spočte medián.[6.]

3.3.4. Metoda adaptivních vah

Metoda adaptivních vah je zjednodušená metoda klouzavých průměrů.

Princip metody adaptivních vah

Stejně jako u předcházejících metod se vychází z hypotéz, že pro zkoumanou časovou řadu platí

$$Y_t = Tr_t + \varepsilon_t$$

Předpovědi se sestavují jako vážený průměr všech předešlých hodnot časové řady, přitom váhy jednotlivých hodnot se postupně adaptují (modifikují) vždy v moment, kdy se přidává výsledek nového pozorování. Pro stanovení předpovědi se používá vztah

$$\begin{aligned}\widehat{Y}_{t+1}(t) &= \sum_{i=1}^M w_i(t) Y_{t+1-i} = \\ &= w_1(t) Y_t + w_2(t) Y_{t-1} + \dots + w_M(t) Y_{t+1-M}\end{aligned}$$

kde M označuje délku klouzavých průměrů a $w_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, M$, váhy jednotlivých pozorování v čase t . V okamžiku, kdy máme k dispozici novou hodnotu Y_{t+1} , se váhy upraví podle vzorce

$$w_i(t+1) = w_i(t) + 2ke_{t+1}Y_{t+1-i}, i = 1, 2, \dots, M$$

k je tzv. modifikační konstanta a $e_{t+1} = Y_{t+1} - \widehat{Y}_{t+1}(t)$ je příslušná chyba předpovědi. Počáteční hodnoty vah se nastavují tak, aby platilo

$$w_i(0) = \frac{1}{M}, i = 1, 2, \dots, M$$

Podle autorů monografie [8.] dává tato metoda lepší výsledky než metoda klouzavých průměrů. [6.]

3.3.5. Exponenciální vyrovnání

Metoda exponenciálního vyrovnání [6.] je založena na použití metody vážených nejmenších čtverců na všechna pozorování dané časové řady s tím, že u jednotlivých pozorování se směrem do minulosti exponenciálně zmenšují. Vyrovnané hodnoty Y_t časové řady se stanovují tak, aby minimalizovaly hodnotu rovnice

$$\sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} - \hat{Y}_{t-j})^2 \delta^j$$

V němž δ označuje tzv. diskontní konstantu splňující podmínku $0 < \delta < 1$. Výraz je ve tvaru nekonečného součtu, přestože v praxi jen možný jen konečný součet pozorování Y_1, Y_2, \dots, Y_n . Hypotetické natažení časové řady do minulosti má však „rozumné“ opodstatnění, umožňuje totiž významně zjednodušit výpočet vyrovnaných hodnot a předpovědí.

Princip exponenciálního vyrovnání je, co se týče výpočtu velmi jednoduchý, má minimální nároky na nutný objem uchovávaných dat a dovoluje snadnou tvorbu předpovědí.

U zkoumaných variant exponenciálního vyrovnání se předpokládá, že vyrovnávaná časová řada bude mít tvar

$$Y_t = Tr_t + \varepsilon_t$$

Jednoduché exponenciální vyrovnání

Jednoduché exponenciální vyrovnání se používá zejména v případech, že trendová složka zkoumané časové řady je v krátkých úsecích konstantní, tj. platí $Tr_t = \beta_0$.

Účelem je přitom získat odhad b_0 parametru β_0 . Protože jde o aktivní přístup k trendové složce, bude tento odhad podřízený okamžiku, ve kterém se uskuteční. Označme symbolem $b_0(t)$ odhad parametru β_0 zavedený v čase t na základě všech hodnot Y_1, \dots, Y_n , jež jsou v čase t k dispozici. Tento odhad získáme upravením výrazu

$$\sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} - \beta_0(t))^2 \delta^j$$

vzhledem k β_0 . Použití metody nejmenších čtverců vede k normální rovnici

$$b_0(t) \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j = \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j}$$

Při vzetí do úvahy, že $\sum_{j=0}^{\infty} \delta^j = \frac{1}{1-\delta}$, můžeme tuto rovnici upravit na tvar

$$b_0(t) = (1 - \delta) \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j}$$

Vzniklý odhad $b_0(t)$ bude reprezentovat nejen odhadnutou úroveň trendu v čase t , ale současně i vyrovnanou hodnotu \hat{Y}_t zamýšlené časové řady, proto lze psát

$$\hat{Y}_t = (1 - \delta) \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j} = (1 - \delta)[Y_t + \delta Y_{t-1} + \delta^2 Y_{t-2} + \dots]$$

Ze předchozího vztahu je zřejmé, že vyrovnaná hodnota řady v čase t je váženým součtem všech hodnot řady až do času t včetně s exponenciálně klesajícími vahami

$$\delta - 1, (1 - \delta)\delta, (1 - \delta)\delta^2$$

Výraz $\widehat{Y}_t = (1 - \delta) \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j}$ se může zjednodušit na tvar,

$$\widehat{Y}_t = (1 - \delta)Y_t + \delta\widehat{Y}_{t-1}$$

který představuje předpis pro výpočet vyrovnaných hodnot analyzované časové řady. Uvedený vztah se pro názornost přepisuje na tvar

$$\widehat{Y}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\widehat{Y}_{t-1}$$

v němž $\alpha = 1 - \delta$ se označuje jako vyrovnávací konstanta.

Předchozí vztah prokazuje již uvedené výhody exponenciálního vyrovnávání (snadnost výpočtu vyrovnaných hodnot, nízké nároky na objem ukládaných dat). V čase $t - 1$ stačí si pamatovat pouze vyrovnanou hodnotu \widehat{Y}_{t-1} a předcházející vyrovnané hodnoty

$\widehat{Y}_{t-2}, \widehat{Y}_{t-3}$ může být zapomenuty.

Pro stanovení předpovědi se používá rovnice

$$\widehat{Y}_{n+\tau}(n) = \widehat{Y}_n$$

což má za následek, že předpovědi jsou pro jakékoliv hodnoty τ konstantní, rovné poslední hodnotě v řadě.

Aby bylo možné použít vzorce $\widehat{Y}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\widehat{Y}_{t-1}$, je nutné zjistit vyrovnanou hodnotu \widehat{Y}_0 . Pro získání této hodnoty jsou dvě možnosti:

- Určit \widehat{Y}_0 jako aritmetický průměr příhodného počtu počátečních hodnot.
- Použít tzv. metodu backcasting postavenou na extrapolaci řady směrem do minulosti.

Volba vyrovnávací konstanty

Na základě reálných zkušeností doporučuje Cipra [6.] zvolit hodnotu vyrovnávací konstanty α z intervalu $(0; 0,3)$. Řítm nízká hodnota α koresponduje se stavem, kdy se mechanismus obnovující danou časovou řadu téměř nemění, takže se poslední hodnotě v řadě připisuje jen malá váha. Hodnoty α se zpřesňují dvěma způsoby:

- Pomocí empirického výrazu $\alpha = \frac{1}{m+1}$, kde $2m+1$ označuje $m+1$.
- Neoptimálnější délku jednoduchých klouzavých průměrů pro danou řadu.
- Pomocí simulace, jež se zakládá na tom, že se postupně volí $\alpha = 0, 01; 0, 02; \dots; 0,30$ a nakonec se zvolí taková hodnota α , která umožňuje nejlepší předpovědi, tj. minimální hodnotu kritéria vyrovnání.

Z již známého je zřejmé, že se jednoduché exponenciální vyrovnávání v případě simulačního přístupu se provádí ve dvou fázích. V prvním kroku se určí „optimální“ hodnota vyrovnávací konstanty, ve druhém se provede vyrovnání časové řady s nevhodnější hodnotou α a spočtou se predikce.

Dvojitě exponenciální vyrovnávání (Brownův algoritmus)

Při použití metody dvojitě exponenciálního vyrovnávání se soudí, že trend zkoumané řady je v krátkých časových úsecích lineární, tj.

$$Tr_t = \beta_0 + \beta_1 t$$

Odhady $b_0(t)$, resp. $b_1(t)$, parametrů β_0 , resp. β_1 , stanovíme minimalizací výrazu

$$\sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} - \beta_0 + \beta_1 j)^2 \delta^j, 0 < \delta < 1.$$

Metodou nejmenších čtverců získáme soustavu běžných rovnic ve tvaru

$$b_0(t) - \frac{\delta}{1-\delta} b_1(t) = (1-\delta) \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j}$$

$$\delta b_0(t) - \frac{\delta(\delta+1)}{1-\delta} b_1(t) = (1-\delta)^2 \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j Y_{t-j}$$

Trojitě exponenciální vyrovnávání

Základním předpokladem po použití trojitě exponenciálního vyrovnání je, že trendová složka zkoumané časové řady je v krátkých úsecích popsána kvadratickým polynomem tj.

$$Tr_t = \beta_{0+} + \beta_1 t + \beta_2 t^2$$

Odhady parametrů, vyrovnané hodnoty i predikce se počítají stejně jako u dvojitě exponenciálního vyrovnávání. Odvozené vztahy jsou o řád složitější, vystupuje v nich navíc trojitá vyrovnávací statistika definovaná jako

$$S_t^{[3]} = \alpha S_t^{[2]} + (1-\alpha) S_{t-1}^{[3]}$$

Detaily jsou uvedeny v monografii R. G. Browna [9.]

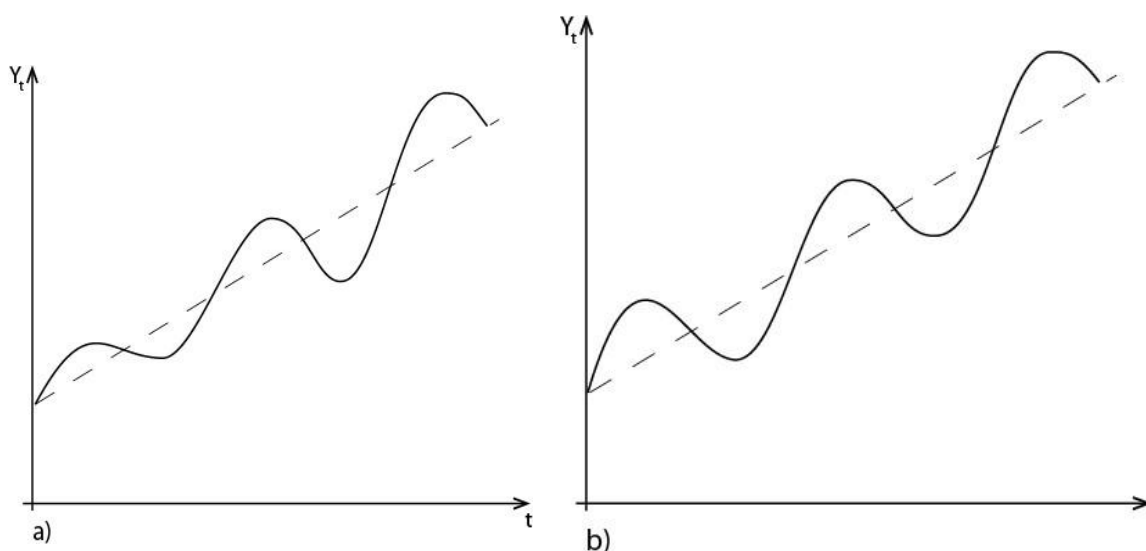
3.3.6. Metody analýzy sezónní složky

Sezónní faktory

Než se začne analyzovat samotnou časovou řadu, je třeba zvolit, jaký typ dekompozice použijeme. Proto musíme pečlivě separovat řady s multiplikativní a aditivní sezónní složkou.

Časová řada přiznává multiplikativní sezónní složku, jestliže je amplituda sezónní fluktuací přímo úměrná hladině trendu. Je-li však amplituda sezónních výkyvů v podstatě nezávislá na úrovni trendu, je příhodné použít aditivní sezónní složku. Příznačné průběhy multiplikativní a aditivní sezónní složky pro časovou řadu čtvrtletních měření *Obrázek 4*

Hodnoty sezónní složky Sz_t se nazývají sezónní faktory. Jejich počet je dán počtem období (sezón) L v roce ($L = 4$ pro čtvrtletní pozorování, $L = 12$ pro měsíční pozorování), označují se Sz_1, Sz_2, \dots, Sz_L .



Obrázek 4 Charakteristický průběh sezónní složky: a) multiplikativní, b) aditivní [6.]

Pro jednotlivé roky se hodnoty těchto faktorů nemění. Pro jednoznačnost rozkladu se obvykle požaduje, aby se vliv sezónních faktorů v rozsahu každého roku celkově nahradil, proto se tyto faktory normalizují (normování sezónních faktorů).

Multiplikativní sezónní faktory nabývají bezrozměrných čísel. Pro jejich normalizaci se využívají podmínky:

$$\sum_{i=1}^L SZ_i = L \text{ nebo } \prod_{i=1}^L SZ_i = 1$$

Aditivní sezónní faktory se udávají ve stejných jednotkách jako hodnoty časové řady. Normalizační podmínka nabývá tvaru $\sum_{i=1}^L SZ_i = 0$

Elementární přístup k sezónní složce

Zamýšlíme řadu $\{Y_t\}$ obsahující 36 měsíčních pozorování (pokrývající od ledna tři kalendářní roky) se zjevnou multiplikační sezónní složkou. Její rozbor provedeme v pěti krocích.

1. krok. - Vypočítání centrovaného klouzavého průměry o délce 13 pomocí vztahu

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{24} (Y_{t-6} + 2Y_{t-5} + \dots + 2Y_{t+5} + Y_{t+6}).$$

Díky této operaci se podaří očistit původní časovou řadu o sezónní složky.

Zjištěné centrované klouzavé průměry odpovídají zhruba součinu

$Tr_t C_t$, tady $\hat{Y}_t \approx Tr_t C_t$.

2. krok. - Určit podíly $\frac{Y_t}{\hat{Y}_t}$, pro něž pravděpodobně platí $\frac{Y_t}{\hat{Y}_t} \approx Sz_t \varepsilon_t$.

3. krok.- Vytvořit průměry údajů pro jednotlivé kalendářní měsíce. Např. pro leden určíme aritmetický průměr pozorování s pořadovými čísly (v časech) 1, 13 a 25. Takto získané hodnoty Sz_t budou (při postačujícím počtu pozorování) jen málo zkresleny reziduální složkou.

4. Krok - Aplikujeme normalizační podmínku v podobě $Sz_t = \frac{12}{\sum_{t=1}^{12} Sz_t}$.

5. Krok - Sezónní faktory Sz_t zjištěné v předchozím kroku lze využít např. ke stavbě sezónně očištěné řady ($Y Sz_t \approx Tr_t$).

Regresní přístupy k sezónní složce

V tomto odstavci se bude používat tento model

$$Y_t = Tr_t + Sz_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

Odpovídající analýza modelů tohoto typu s odlišnou aproximací trendové složky je publikována ve skriptech [10.] Sezónní složka Sz_t se obvykle aproximuje pomocí goniometrických funkcí sinus a kosinus za použití délky periody rovné počtu období L v roce, popř. části tohoto počtu.

V případě, že trend zvažované časové řady je lineární, můžeme např. použít model

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \varepsilon_t$$

Z předchozích odstavců vyplývá, že se jedná o zobecněný lineární regresní model. Odhady všech jeho parametrů se určí za pomoci metody nejmenších čtverců.

Když výsledný koeficient determinace R^2 je velice malý, je možno do modelu postupně přidávat další členy ve tvaru zmíněných goniometrických funkcí s poloviční, čtvrtinovou nebo ještě menší periodou, např.

$$\beta_4 \cos\left(\frac{4\pi t}{L}\right), \beta_5 \sin\left(\frac{4\pi t}{L}\right), \dots$$

Z takto získaných modelů nakonec je zvolen ten, který dosahuje maximální hodnoty koeficientu determinace.

Pozoruhodná je tzv. metoda kvalitativních proměnných. Vyplývá z modelu

$$Y_t = Tr_t + \alpha_2 x_{2t} + \alpha_3 x_{3t} + \dots + \alpha_L x_{Lt}$$

kde $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_L$ jsou parametry $x_{2t}, x_{3t}, \dots, x_{Lt}$ jsou kvalitativní parametry určené předpisem

$$x_{it} = \begin{cases} 1 & \text{pro } t = i \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

Parametry $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_L$, identické jako parametry trendové složky, se určí metodou nejmenších čtverců.

3.4. Analýza kvality dodávané motorové nafty

Tato práce se také zabývá kontrolou dodávané motorové nafty. O samotném zkoumání by se dalo napsat několik diplomových prací, ale pro účel jednoduché kontroly dodavatele postačí určení obsahu vody v motorové naftě

3.4.1. Stanovení obsahu vody coulometrickou titrací

Jeden z hlavních ukazatelů kvality olejů, či jiných látek je z pohledu tribotechniky obsah vody. Pro zjištění obsahu vody bylo objeveno mnoho fyzikálních, chemických a fyzikálně chemických metod. V tribotechnice se však častokrát provádí metoda coulometrické titrace.

Hlavním důvodem je snadnost a přesnost metody. Tuto metodu lze používat pro kontrolu olejových náplní strojů při jejich čištění a jiných činnostech na servisních zásazích i mimo dílnu. Díky tomu, že se celý přístroj musí nosit mimo chemickou laboratoř, vyvstává do popředí jednoduchost této metody. V následujících kapitolách budou popsány některé principy práce s coulometrickým přístrojem. [12.]



Obrázek 5 Coulometer WTD[12.]

Jodometrické stanovení vody vynalezl roku 1935 německý chemik Karl Fischer, proto se vžilo označení Karl Fischerova titrace. Za přispění současného pokroku v elektrotechnice, rychlému vývoji mikroprocesorů a jejich aplikaci v mnoha vědních oborech, bylo možno zkonstruovat plně autonomní přístroj využívající coulometrii.

Jako titrační činidlo se používá elementární jod, který se vytvoří průchodem proudu elektrochemickou nádobkou na platinové anodě z přítomného jodidu. Jeho množství rovno prošlému náboji. Náboj má jednotku coulomb, ten je tvořen proudem jednoho ampéru za jednu sekundu. Podle Faradayova zákona se vyjádří látkové množství zkoumané sloučeniny, v popisovaném případě vody. Náboj $2 \times 96485 \text{ As}$ odpovídá jednomu molu vody, tj. 18,015 g. Pro stanovení obsahu vody se většinou používá jednoduchý titrátor. Přístroj se skládá z elektronické části a skleněné nádobky. Jod, který se vyloučí při průchodu proudu a dojde k reakci s vodou rozpuštěnou ve vzorku. Jakmile se spotřebuje veškerá voda, je zaznamenána narůstající koncentrace jodidu. Celý proces obnovy jodidu je řízen tak, aby na konci měření byla stejná koncentrace, jako před vstříknutím vzorku. Koncentraci jodu zjišťujeme biampérometricky, za pomoci dvou platinových elektrod, které současně fungují jako měřicí elektrody. Na elektrody se posílá střídavý proud a měří se napětí, který odpovídá koncentraci jodu v nádobce. Po přidání měřeného vzorku se okamžitě změní charakteristika střídavého proudu, mikroprocesor vyhodnotí změnu a automaticky zapne měřicí sekvenci. Start měření můžeme také zadat ručně, stisknutím tlačítka před přidáním vzorku. V průběhu měření se v nádobce vytváří jod řízeným

průchodem proudu, jeho velikost je závislá na odchylce indikačního signálu od hodnoty před začátkem měření. Přístroj vyhodnotí měření jako skončené, když signál dosáhne stejné hodnoty, jakou měl před přidáním vzorku. Druhým způsobem je, že uplyne nastavený časový limit. Toto měření je vhodné zejména pro stanovení obsahu vody v pevných látkách, které se pomalu rozpouštějí, anebo pro zjištění obsahu vody v plynech. Pro kontrolu látek, které reagují s jodem, se používá destilační pícka. Výsledkem je stanovení obsahu vody ve vzorku v miligramech. V případě, že zadáme hmotnost vzorku, přístroj spočítá koncentraci vody v ppm (partes per milion). Koncentraci jednoho mikrogramu vody obsaženého v jednom gramu vzorku odpovídá 1 ppm. Výsledek lze vyjádřit také v procentech, jedno procento koresponduje s koncentrací 10 000 ppm.[12.]

Titrační nádobka

Nádobka se obvykle plní do jedné poloviny jejího objemu. Nádobka je anodovým prostorem, kde probíhá titrace a kde se tvoří titrační činidlo – jod za přispění anodické oxidace. S jednou náplní jodidu, je možno provést řadu analýz. Teoretická kapacita je přibližně 0,2 až 0,3g vody, kdy tato hodnota závisí na vyčištění a vysušení nádobky před nalitím činidla a v neposlední řadě na čistotě činidla z výroby. Vyčerpání množství rozpustit vodu se projeví zvýšením hodnoty kondenzačního proudu, snižuje se v závislosti na množství rozpuštěné vody a citlivosti odezvy měřeného signálu. Nutnost výměny obsahu nádobky je většinou dána zředěním činidla měřenými látkami. V závislosti na zředění činidla se zvyšuje elektrický odpor nádobky a to má za následek vyšší titrační proudy a prodloužení doby měření, zároveň klesá rychlost reakce jodu s vodou. Měření je pak provedeno s velkou nepřesností. Činidlo je proto nutné vyměnit, při poklesnutí jeho koncentrace o více než polovinu. Pro eliminaci chyby měření je zapotřebí důkladné míchání roztoku.

V průběhu měření, kdy se do nádobky vnášejí vzorky, dochází ke změně složení obsahu titračního činidla v nádobce. Na základě toho je nutno provádět pravidelně kontrolní měření dle standardů. Vzniklé chyby mohou vychýlit změřenou hodnotu jak do kladného, tak i do záporného směru. Extrémním případem je pak měření vzorků, které obsahují látky reagující s jodem, například oleje aditivovanými sloučeninami síry. Při přidání takového oleje do přístroje, je výsledek měření chybný, ale je zapotřebí vyměnit celý obsah činidla, protože nedojde k ustálení kompenzačního proudu. Pro takové vzorky se k analýze používá destilační pícka. Metodu s píckou je vhodné použít i pro značně znečištěné látky.

U indikačních elektrod může dojít k pasivaci povrchu platinových elektrod. Výrobci proto doporučují před zapnutím přístroje, lehce mechanicky tyto elektrody očistit buničinou.

Při výměně obsahu nádobky se také doporučuje nádobku důkladně odmastit, vyčistit za pomoci technického alkoholu nebo metanolu a vysušit v sušárně. S ohledem na lepené konektory na elektrodách a platinové zátavy ve skle, by teplota sušení měla být nižší než 60°C. Při opětovném naplnění nádobky zkráťte dobu manipulace s činidlem, aby nemohlo dojít ke kontaminaci vodou obsaženou ve vzduchu. [12.]

Destilační pícka

Jestliže nelze stanovit obsah vody přímou metodou, je nutné použít destilační pícku. Vzorek se umístí do skleněné ampule, ta je následně umístěna do topného tělesa pícky a vzniklé vodní páry jsou unášeny inertním plynem do destilační nádoby. Hadička s nosným plynem je zavedena na dno skleněné ampule se vzorkem. Inertní plyn probublává vzorkem a odvádí páry do měřícího prostoru. Destilační pícka se připojuje k coulometru, teplotní průběh destilace je tedy řízen závisle na měření. Pícka je vybavena sušicí kolonou a plynovým čerpadlem pro nosné plyny, které převádí páry do titrační nádoby. Jako nosné plyny se většinou používají dusík nebo argon. Na výstupní větev z titrační nádoby se doporučuje umístit vodní chladič, na kterém budou kondenzovat nasycené páry rozpouštědel.

Na příbuzném principu je založena metoda stanovení obsahu vody v plynech. Měřený plyn se sledovaně nechává procházet titrační nádobou a měří se jak obsah vody, tak čas průchodu a množství plynu. Měření může probíhat automatizovaně při připojení třeba titrátoru do plynovodu.[12.]

Odběr vzorku

Při odebírání vzorku pro měření se musí dbát několika, základních parametrů. Vzorek musí být důkladně protřepán, aby došlo k homogenizaci v celém objemu. Vodu mohou absorbovat nečistoty, které se usazují na dně vzorku. Důležitý je také jejich odběr vždy odběrová nádoba musí být dokonale suchá. Injekční stříkačku na odběr je nutné propláchnout měřeným vzorkem. [12.]

Zhodnocení Coulometrické metody

Metoda zajišťuje vysokou přesnost měření a nevyžaduje náročnou kalibraci jako voltmetrická titrace s opakovaného zjišťování konstanty činidla. V případě, že se laborant

vyhne hlavním chybám popsaných v této práci, je jediné omezení a to velikost titrační nádoby. Při dnešní úrovni elektrotechniky je zkreslení měření vinou elektrických obvodů velmi malé. Toto tvrzení lze dokázat, tím že různí výrobci uvádějí stejný rozsah chybovosti. Při měření v rozsahu 10 mikrogramů - 1 mg H₂O je chyba 3 až 5 mikrogramů, pro vyšší koncentrace je pak chyba měření 0,3 až 0,5 %.[12.]

3.4.2. Výběr vhodného odběrového místa

Z nádrže čerpací stanice

Vzorek z nádrže by znamenal odběrovou nádobu ponořit do nádrže. Při této činnosti by mohl dojít k úrazu odběrového pracovníka. Dalším problémem by mohlo dojít ke kontaminaci nové nafty s naftou již uskladněnou. To by znamenalo zkreslení výsledků.

Z tankovacího stojanu

Vzorek odebraný pomocí pistole tankovacího stojanu by znamenal kontrolu kvality nafty v potrubí, bylo by složité určit, kdy jde o naftu novou a kdy ještě o starou. Opět problém s kontaminací nové nafty se stávající.

Odběr z nádrže cisterny pomocí načerpávajícího otvoru (víko na vrchu)

Z tohoto místa by bylo neoptimálnější odebírat vzorky, výsledky by byly nejspolehlivější. Toto odběrové místo však bylo zamítnuto spediční společností. Otvor je zaplombován a nesmí se plomba porušit. Druhý zásadní problém je, že z důvodů bezpečnosti by odběrový pracovník musel projít školením, nebo by vzorek musel odebrat sám řidič.

Odběr z přepouštěcí hadice cisterny

Odběr z přepouštěcí hadice cisterny je druhé neoptimálnější místo pro odběr vzorku. Z důvodu, že nelze regulovat průtok bylo zamítnuto. Hrozilo by značné potřísnění naftou jak pracovníka, tak prostoru kolem něj.

Odběr z odkapové nádoby

Odkapová nádoba je umístěna pod spojkou přečerpávací hadice a cisterny. Protože nelze zajistit dokonalé těsnění tohoto spoje, dochází ke kontinuálnímu odkapu do odkapové nádoby. V důsledku velkého množství přečerpávané nafty nakape dostatečný objem pro vzorek.

Volba odběrového místa

Jako nejvhodnější odběrové místo byla vybrána odkapová nádoba. Při dodržení čistoty nádoby bude mít vzorek největší výpovědní hodnotu a nebude ohrožena bezpečnost pracovníka odebírajícího vzorek.

3.4.3. Metodika odběru vzorků

Pomůcky:

Odkapová nádoba

Technický benzín

Papírové ubrousky

Skleněné lahve o objemu 0,33 l

Plastová přepravka na 24 lahví

Plastová nálevka

- Tankovací stanici zaváže tahač s cisternovým návěsem dle objednávky.
- Po příjezdu na místo řidič s pověřeným pracovníkem Správy vozového parku odplombuje víčko výpustného otvoru.
- Na výpustný otvor nasadí hadici a druhý konec umístí do nádrže čerpací stanice. Pod spoj umístí důkladně vyčištěnou a suchou nádobu. Nelze zajistit dostatečné těsnění tohoto spoje. Pro vyčištění je nutné použít technický benzín a dosucha vytrít odkapovou nádobu pomocí papírové utěrky. Toto místo bylo vybráno jako optimální pro odběr vzorku s ohledem na bezpečnostní předpisy a kvalitu odebraných vzorků. Díky kontinuálnímu odkapu po dobu celého přečerpávání, dojde k odebrání dostatečného množství.
- Předem připravené skleněné lahve na vzorky byly důkladně umyty a odmaštěny a vysušeny. Lahve mají objem 0,33 l, vždy jsou napuštěny do plna, aby se zabránilo kondenzaci vzdušné vody z uzavřeného vzduchu ve zbytku objemu lahve a následné kontaminaci vzorku.
- Vzorek musí být přelit pomocí plastové nálevky. Lahev s vzorkem je uzavřena kovovým víčkem s těsněním a označen datem pomocí lihového fixu. Zbytek motorové nafty byl vylit do nádrže čerpací stanice.

- Po přečerpání veškerého množství z cisterny do nádrže čerpací stanice, řidič vytiskne protokol s parametry přečerpané motorové nafty. Tento protokol je archivován s dodacím listem.

3.4.4. Hodnoty deklarované výrobcem

Výrobce motorovou naftu vyrábí podle normy ČSN EN 590, tato norma dovoluje určitý rozptyl hodnot, proto se ke každé šarži dodává i přepravní list s přesnými parametry nafty pro danou várku. Ukázka přepravního listu

Příloha 1 Přepravní list	56
Příloha 2 Kontingenční tabulka	57
Příloha 3 Predikce pomocí sezónního koeficientu	58
Příloha 4 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty z 5-ti let	59
Příloha 5 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty za 2 roky	60
Příloha 6 Predikce pomocí klouzavého průměru a sezónní složky	61
Příloha 7 Predikce ze všech tankování z 5-ti let.....	62
Příloha 8 Predikce ze všech tankování za 2 roky	63
Příloha 9 Graf Vývoj spotřeby / predikce za 2 roky	64
Příloha 10 Tabulka měření kvality motorové nafty	65

4. Vlastní práce

4.1. Praktické zpracování predikce spotřeby

Společnost UNIPETROL RPA – odštěpený závod BENZINA poskytla výčet všech tankovacích transakcí uskutečněných na firemní čerpací stanici společnosti Alimpex food a.s. od 1. 6. 2006 do 31. 12. 2015. Excelovská tabulka obsahuje 43415 řádků a A-BE počet sloupců tabulka, obsahuje veškeré informace o identifikaci transakce, včetně jejího důkladného rozúčtování.

Pro účel této práce nás zajímá pouze datum tankování a množství přečerpané nafty.

4.1.1. Postup práce

Nejprve bylo potřeba rozdělit datum a čas transakce, protože byly v jedné buňce, byl použit příkaz v kartě Data- Text do sloupců a jako rozdělovník bylo použita mezera. Před použitím této funkce byl vložen za sloupec „Datum prodeje“ prázdný sloupec kam se překopírovaly časy. Aby nezůstal čas „0:00:00“ ve sloupečku „Datum prodeje“ bylo nutné změnit formát sloupce na „Datum“.

Následně bylo důležité odstranit rok 2010, protože byl neúplný a začínal až v červnu. Z důvodu dostatečného rozsahu a následné eliminace možnosti chybování při výpočtech tím, že by se musely sledovat různé počty v opakování pro různé měsíce. Soubor se nám po úpravě zmenšil na 38 192 řádků.

Z teoretické části je nám známa modelace jednotlivých metod a je zjištěno, že velmi často v sobotu se netankovalo. Společnost nezavází zákazníky v sobotu. Predikce bude stavěna na celé měsíce bez přesnějšího určení na týdny či dny. Toto by také bylo možné, ale bylo by to nadměrně složité a z pohledu práce by se jednalo o neefektivní využití času.

Vytvoření základní kontingenční tabulky

Označena byla celá tabulka základních dat (CTRL+ A), Karta „Vložit- Kontingenční tabulka“ na nový list.

Do kolonky „Popis sloupců“ se přetáhl „Datum prodeje“.

Do kolonky „Hodnoty“ se přetáhly „ Množství“ a poté se označ, pravým tlačítkem myši jakoukoliv hodnotu v kontingenční tabulce odpovídající množství, klikne se, pravým

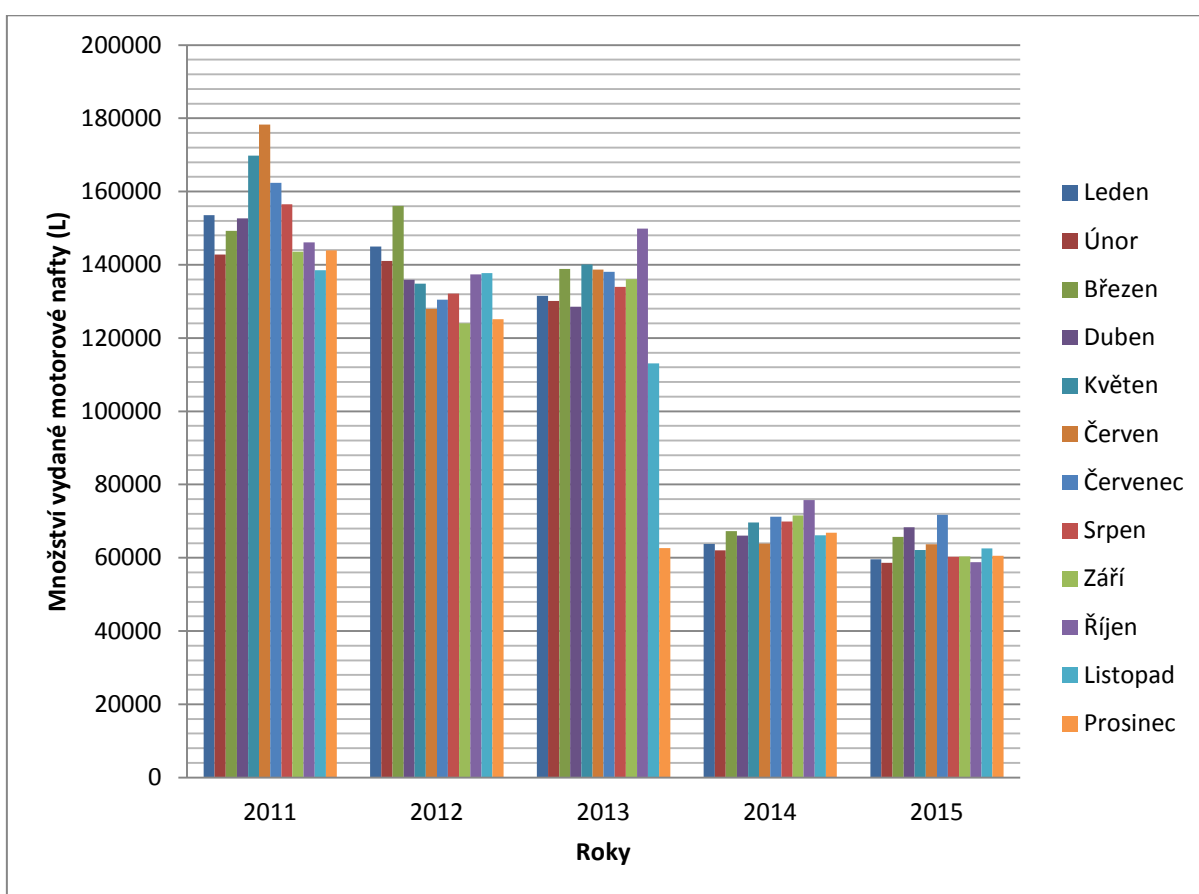
tlačítkem myši a v kartě „Shrnout data podle“ označí se, „Součet“ doted tam byl pouze počet transakcí.

V kontingenční tabulce se klikne, pravým tlačítkem myši na jakékoliv datum transakce a „Seskupit – roky“ v nastavení ikon. „Tabulky“ se objeví kolonka „Roky“ v „popiscích sloupců“ se přetáhnou „Roky“ do „Popisků řádků“

V tabulce se klikne na filtr „popis řádků“ a se od odznačí „ <1.1.2010 a >1.1.2016“. Pro lepší orientaci se označí vše a změní se formát všech buněk na „číslo“ s „0“ desetinnými místy. Vznikne základní kontingenční tabulka pro predikci.

Kontingenční tabulka Příloha 2.

Po vytvoření tabulky bylo zapotřebí pro lepší představivost si vytvořit graf.



Graf 1 Vydané množství motorové nafty

4.1.2. Predikce pomocí aritmetického průměru

Pro tuto predikci bylo použito vzorce:

$$q_p(1/rr) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_p(t_i) =$$

V Excelu jej reprezentuje funkce „Průměr“

Průměr z objemu vydané nafty 5 let

Průměr za 5 let: 109550 litrů/ měsíc

Tabulka 1 Průměrná hodnota za 5let

Průměr z objemu vydané nafty za posledních 2 let:

Průměr za 2 roky: 65262 litrů/ měsíc

Tabulka 2 Průměrná hodnota za 2 roky

4.1.3. Predikce pomocí sezónního koeficientu

Následující výpočet je podle vzorce:

$$S_{ij} = \frac{\bar{q}_{ij}}{\bar{q}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij}}{\frac{1}{n * 12} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^n q_{ij}}$$

Kde:

n = počet let

q_{ij} = výtoč za měsíc

Vytvořila se tabulka stejné šířky, jako je základní kontingenční tabulka. Sloupečky odpovídají stejně jako v základní kontingenční tabulce měsícům v roce.

V prvním řádku je Průměr vždy z všech zjištěných hodnot v daném měsíci.

Druhý řádek obsahuje sezónní koeficient zjednodušeně spočtený z průměru poděleného sumou všech hodnot tankování, které jsou zprůměrované na jeden měsíc. Tato operace je provedena pro všechny měsíce.

Třetí řádek je „Trend Y“ trend je vypočten jako prostý rozdíl průměru a sezónního koeficientu.

„Prognóza podle sezónního koeficientu“ je poslední řádek tabulky obsahuje prostý součin „Trendu Y“ a „sezónního koeficientu“

Tabulky predikcí Příloha 3.

4.1.4. Predikce pomocí očištěného trendu

Pro tuto metodiku bylo použito:

$$Y(t_i) = \frac{q_{ij}}{S_{ij}}$$

$$q_p(1/rrrr) = S_1 * Y(t_1)$$

Zásadním pro zjištění lineárního trendu z grafu, bylo vytvoření lineární kontingenční tabulky se všemi tankováními seskupenými po měsících, tak aby roky nebyly vždy v řádku, ale za sebou v jedné řadě.

Druhým krokem bylo celou tabulku zkopírovat a vložit jako „hodnoty“ nebylo možné vytvořit přímo z kontingenční tabulky bodový graf pro proložení bodů lineárním trendem.

Z tohoto důvodu byla vytvořena tabulka pouze z hodnot, následovalo vytvoření bodového grafu s body proloženými lineárním trendem a zobrazení její regresní rovnice. Tato rovnice je důležitá pro další výpočet.

Následuje vytvoření tabulky s predikcí. Záhlaví obsahuje měsíce, druhý řádek pořadové číslo měsíce od začátku měření a třetí řádek již obsahuje naši hodnotu predikce.

Ta je spočtena jako pořadové číslo měsíce od začátku měření dosazené za x do regresní rovnice a ta celá nenásobená sezónním koeficientem.

Tabulky predikcí a grafy pro určení regresních rovnic Příloha 4 a Příloha 5

4.1.5. Predikce pomocí klouzavého průměru se sezónní složkou

Pro tento výpočet bylo využito rovnice:

$$q_p(1/rrrr) = S_1 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{12*n} q_{ij}$$

Jako v předchozích predikcích opět bude vytvořena tabulka, záhlaví opět obsahuje měsíce, první a zároveň poslední řádek obsahuje hodnotu predikce.

Predikce bude spočtena, když násobíme sezónní koeficient průměrnou hodnotou z celého souboru.

Tabulky predikcí Příloha 6.

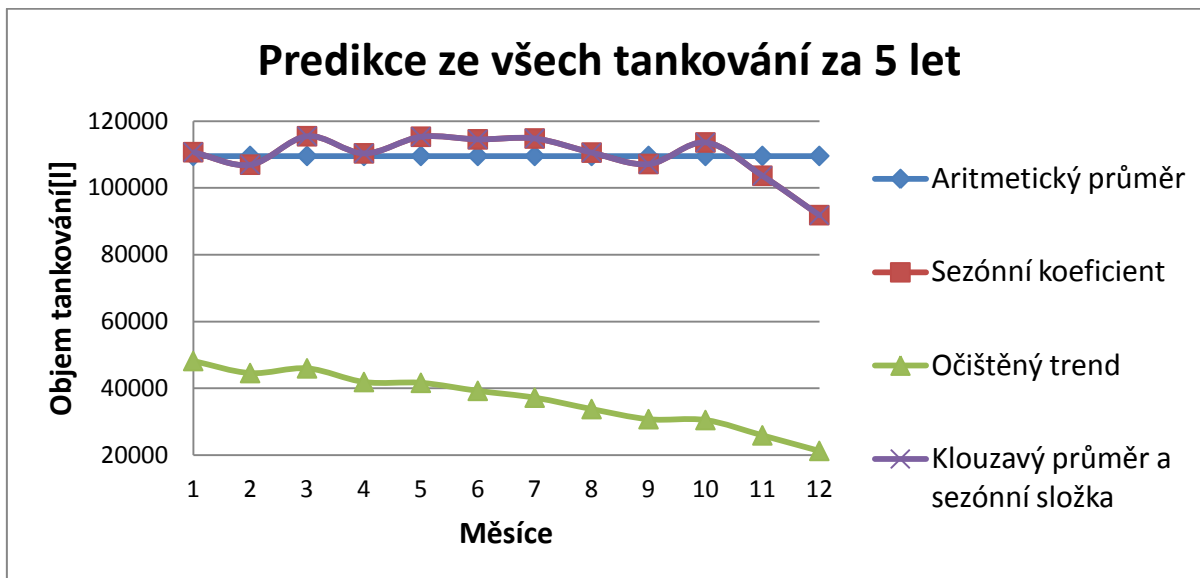
5. Vyhodnocení predikce

Pro důkladné porovnání byla vytvořena tabulka s hodnotami predikce za použitím vybraných metod. Pro člověka je přirozenější číst po řádcích než po sloupcích a proto je tak celá tabulka transponována. První sloupec obsahuje měsíce a další sloupce již zmiňované predikce dle vybraných metod.

Druhým krokem bylo vytvoření grafu, protože „obrázek vydá za tisíc slov“ tak v technické praxi znamená „graf vydá za tisíce hodnot“.

5.1.1. Predikce ze všech tankování za 5 let

Porovnávací tabulka Příloha 7

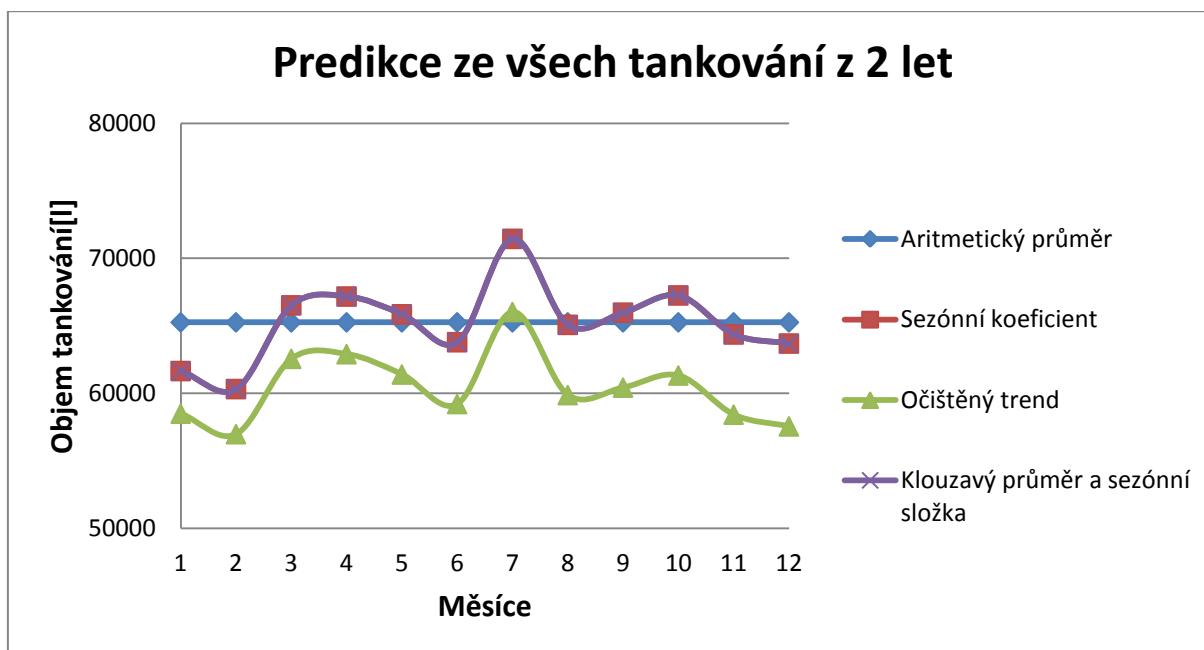


Graf 2 Predikce ze všech tankování za 5 let

Z prvního grafického znázornění hodnot kontingenční tabulky mi bylo zřejmé, že predikce z celého souboru dat za 5 let, bude pravděpodobně zkreslená. Obrovský propad výtoče motorové nafty byl v prosinci 2013, kdy nabyl v platnosti zákon č. 234/2013 Sb., který požaduje po distributorovi pohonných hmot složení kauce ve výši 20 mil. Kč na úhradu daní z prodeje pohonných hmot. Vedení společnosti se rozhodlo, aby nemuseli složit tuto kauci, zastavilo přepravej motorové nafty. Do této chvíle na podnikové čerpací stanici tankovali jednak přepravní najaté společnosti na rozvoz jejich produktů, tak dopravci mlékárny Pragolaktos a.s. sídlící ve stejném areálu. I přes tuto skutečnost jsem predikce provedl a ověřil si, že ani jedna z metod není schopná eliminovat na tak obrovský skok v datové řadě. Dále se tedy nebudu ani zmiňovat o výsledcích z predikcí z celého souboru dat.

5.1.2. Predikce ze všech tankování z 2 let

Porovnávací tabulka Příloha 8



Graf 3 Predikce ze všech tankování z 2 let

Metoda aritmetického průměru je z dlouhodobého hlediska postačující, kdybychom predikovali v řádech desítek let, poskytla by dostatečně přesnou predikci. Pro výhled jen několika málo měsíců dopředu je, ale pro případ, kdy chceme predikovat vývoj v jednotlivých obdobích, se ukázala nepoužitelná. Již z tabulky určíme, že metodikou „Sezónní koeficient“ a „Klouzavý průměr a sezónní složky“ nám dávají totožné výsledky. Naproti tomu výsledný průběh predikce očištěného trendu má opticky totožný průběh jen je odskočen o konstantní hodnotu. Pro podrobnější určení, které predikce jsou pro náš případ přesnější, se musíme podívat na graf, ve kterém uvidíme predikované průběhy navazující na změřený průběh Příloha 9. Z takto komplexního pohledu je okamžitě zřejmé, že nejvhodnější metodikou pro predikci našeho souboru tankování na interní čerpací stanici je metoda očištěného trendu. Průběh této metody téměř tečně navazuje na průběh změřený. Důležité je, také si povšimnout značných výkyvů způsobených jednak rozdílnými venkovními teplotami, tak propadu poptávky v měsících lednu a prosinci. Protože veškeré nákladní vozy tankující na vybrané čerpací stanici jsou chladírenské nebo mrazírenské, je množství nafty, které potřebují pro svůj provoz závislé na venkovní teplotě. Z druhé strany je spotřeba závislá na množství jízd a to se odvíjí od poptávky zákazníků o zboží společnosti.

5.2. Měření obsahu vody v motorové naftě

5.2.1. Metodika laboratorního měření coulometrickou titrační metodou

Pomůcky:

- Injekční stříkačka o objemu 20ml s jehlou
- Přesná laboratorní váha měřící s přesností na 0,0001g
- Vzorky motorové nafty
- Papírové utěrky
- Měřicí přístroj Coulometer WTD od společnosti Diram s.r.o.
- Titrační činidlo – Jód

Postup měření:

1. Naplnit titrační nádobku do cca poloviny činidlem.
2. Zapnout přístroj, po zapnutí se automaticky spustí kalibrace.
3. Důkladně protřepat všechny vzorky, aby se staly homogenní v celém svém obsahu.
4. Zapnout váhu a počkat až se ustálí, v případě že nedošlo k ustálení na nulovou hodnotu, vynulovat počítadlo váhy.
5. Zvážit prázdnou injekční stříkačku, hodnotu zapsat do připravené tabulky.
6. Nabrat vzorek do injekční stříkačky.
7. Zvážit injekční stříkačku s vzorkem, hodnotu zapsat do připravené tabulky.
8. Rozdíl prázdné a plné stříkačky je hmotnost návažku, tuto hodnotu zadat do přístroje.
9. Vstříknout vzorek do přístroje.
10. Vyčkat na výsledek měření a hodnotu zapsat do připravené tabulky.
11. Bod 5. až 10. opakovat pro každý vzorek.

Měření proběhlo v laboratoři Katedry Jakosti a spolehlivosti strojů České zemědělské univerzity v Praze.

5.2.2. Vyhodnocení výsledků měření

Pro zápis měřených hodnot a jejich porovnání s hodnotami od výrobce byla vytvořena tabulka.

Popis jednotlivých sloupečků:

Číslo vzorku – pořadové označení vzorku.

Datum měření – ve sloupečku se nachází s datem odběru označeného vzorku.

Váha bez – v tomto sloupečku se nalézá váha prázdné injekční stříkačky před nabráním vzorku.

Váha s – zde se nachází váha injekční stříkačky s odebraným vzorkem.

Rozdíl – zde je umístěna hmotnost samotného vzorku bez injekční stříkačky.

Naměřená koncentrace – v tomto sloupečku se vyskytují naměřené hodnoty odečtené z přístroje.

Hodnota udávaná výrobcem – tyto hodnoty jsou přepsány z přepravních listů.

Koncentrace - zde se nachází přepočtené hodnoty z miligramů $\mu\text{g H}_2\text{O/g}$ na $\text{mg H}_2\text{O/kg}$.

Rozdíl – v tomto sloupci najdeme rozdíl mezi hodnotou udávanou výrobcem a hodnotou naměřenou.

Pro názornost byla vypracována tabulka s naměřenými hodnotami, přidány hodnoty od výrobce, převod hodnot výrobce na stejné jednotky, jako ukázal přístroj a porovnání. Příloha 10.

Zhodnocení měření

Měření proběhlo v laboratoři Katedry Jakosti a spolehlivosti strojů České zemědělské univerzity v Praze a při měření se postupovalo podle předem stanovené metodiky a přihlíželo se k normě ČSN EN ISO 12937, která přímo popisuje Stanovení obsahu vody Coulometrickou titrační metodou podle Karla Fischera.

Jak vyplývá z normy, byly vzorky rozříděny podle pohledové analýzy, kdy některé vzorky byly označeny za nevyhovující, protože norma v tomto ohledu hovoří o důkladném promísání všech složek. Vyřazené vzorky byly tak kontaminované vodou, že nebylo možné všechnu vodu rozmíchat v motorové naftě, proto tyto tři vyřazené vzorky jsou viditelné *Obrázek 2*. Pro kontrolu rozhodnutí byla provedena orientační zkouška vzorku 1. Limit pro obsah vody v motorové naftě podle ČSN EN 590 je $200 \text{ mg H}_2\text{O/kg}$. V našem

orientačním měření vyšel 1400 mg H₂O/kg. Nutno podotknout, že ve vzorku stále zbyly kapky vody na dně nádoby. Vzorek tedy obsahoval více jak 7x větší množství než připouští norma.

I přes naše úvodní vyřazení vzorků byl naměřen ještě jeden vzorek s nadlimitním obsahem vody. Jelikož nevyhovující vzorky byly první čtyři odebrané, domnívám se, že pověřený pracovník nedodržel metodiku odběru vzorků a důkladně nevymyl a nevysušil odběrovou nádobu.

Ze zbývajících vzorků měly všechny kromě dvou větší obsah vody, než naměřil výrobce při jejich stáčení do cisterny. Tyto vzorky i tak vyhovely normě. Z toho můžeme usuzovat, že se voda mohla dostat do nafty vysrážením vodní páry obsažené v ovzduší. Připouštím také možnost, že výrobce naftu měří při výrobě a údaj pouze kopíruje do stáčecího listu. Pro tento případ by se mělo brát v potaz možnost kontaminace při skladování. Také nesmíme opomenout možnost nedodržení metodiky odběru vzorků.

Tři vzorky, jmenovitě 14., 18. a 20., byly změřeny s nižším obsahem vody, než udal výrobce. Tato anomálie nastala pravděpodobně tím, že někdy nedochází k uskladnění vyrobené nafty u výrobce, ale je hned distribuována. Může tedy dojít k odpaření vody z nafty při její přepravě, tomu také nahrává, že vzorky byly odebrány v měsících s vysokou teplotou ovzduší.

Z pohledu měřitele bych doporučil setrvat u současného dodavatele, vzorky odebrané nafty vyhovovaly normativním požadavkům.



Obrázek 6 Vzorky nafty (Vyřazené vzorky 2-4 z leva)

Závěr

Diplomová práce popisuje současný stav logistického vedení vnitropodnikové čerpací stanice. Práce je rozdělena na dva myšlenkové proudy. Jeden řeší predikci spotřeby motorové nafty a druhý kvalitu této dodávané pohonné hmoty.

Prediktivní proud popisuje vybrané metodiky pro predikci jmenovitě: Aritmetický průměr, Vyrovnání časové řady vhodnou regresivní křivkou, Klouzavý průměr, Metoda adaptivních vah, Exponenciální vyrovnání a Metodika analýzy sezónní složky. Tyto metody popisuje a následně na základě těchto znalostí aplikuje některé vhodně zvolené metody nebo kombinace na samotnou predikci. Pracovním prostředím predikce je zvolen program Microsoft Excel. Pomocí každé metody je vypracována předpověď pro jeden rok s měsíční četností.

Predikce jsou rozděleny pro datový soubor obsahující hodnoty z pěti let a posledních dvou let.

Toto rozdělení je hlavně z důvodu, že na konci třetího roku zkoumaného souboru došlo k razantnímu propadu poptávky o motorovou naftu na zkoumané čerpací stanici.

Ve vyhodnocení zahrnuje predikci z celého pětiletého souboru dat, protože tak výrazný skok v datech není schopna ani jedna z použitých metod predikce vykompenzovat a výsledek je zcela nereálný. Naopak u dvouletého souboru jsou vyhodnoceny všechny metody. Jako nejvěrohodnější predikční metodika pro tento soubor je zvolena metoda Očištěného trendu, která opticky navazuje na křivku z naměřených hodnot.

Druhý menší proud se zabývá hodnocením kvality dodávané motorové nafty. Jako jediný kvalitativní parametr si bere pouze obsah vody. Práce zvažuje vhodnost odběrových míst pro vzorky a stanovuje metodiku jejich odběru. Pro určení obsahu vody volí Coulometrickou titrační metodu podle Karla Fishera. Tuto metodiku popisuje, jednak teoreticky a tak stanovuje metodiku pro laboratorní měření. Naměřené hodnoty podrobuje srovnání s hodnotami udávaných výrobcem. Ve zhodnocení práce vyjasňuje difference mezi naměřenými a deklarovými hodnotami. Výsledkem je doporučení setrvat u stávajícího dodavatele, jelikož jeho produkt odpovídá normám a není nijak závadný.

Zdroje

- [1.] *Alimpex: o-společnosti* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.alimpex.cz/o-spolecnosti/>
- [2.] *Alimpex: o-firmě* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.alimpex.cz/o-firnev/>
- [3.] *Česká rafinérská: motorová nafta* [online]. [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://www.ceskarafinerska.cz/cz/motorova-nafta.aspx>
- [4.] *UNIPETROLRPA: o nás* [online]. [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://www.unipetrolrpa.cz/CS/o-nas/Stranky/default.aspx>
- [5.] *Soukromá střední odborná škola Prima Rýmařov.: Demografie 3. roč.* [online]. [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: www.prima.skolniweb.cz/file.php?rid=865
- [6.] CIPRA, T. *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii*. Praha: SNTL/ALFA, 1986.
- [7.] KŘIVÍ, I. *Analýza časových řad*, 1st ed.; Ostravská univerzita v Ostravě: Ostrava, 2012.
- [8.] TUKEY, J. W. *Exploratory Data Analysis*. London: Addison-Wesley Publishing Company, 1977. Ruský překlad: *Analiz rezultatov nabljudenij*. Moskva: Mir, 1981.
- [9.] WHEELWRIGTH, S. C. and S. Makridakis. *Forecasting methods for management*. New York: Wiley, 1973.
- [10.] BROWN, R. G. and R. F. MEYER. The fundamental theory of exponential smoothing. *Operations Research*. 1961, vol. 9, p. 673-685.
- [11.] PRÁŠKOVÁ, Z. a P. LACHOUT. *Základy náhodných procesů*. Díl II. Praha: skripta MFF UK, 200.
- [12.] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2016. ISBN 9788070809525.
- [13.] PODHÁJSKÝ, Petr. *Tribotechnika: stanovení vody coulometrickou titrací* [online]. [cit. 2017-02-17]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-32011/stanoveni-vody-coulometrickou-titraci.html>.
- [14.] *Google: mapy* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@50.0903924,14.5525673,426m/data=!3m1!1e3>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Letecký pohled na areál [13.].....	13
Obrázek 2 Délka použité časové řady a délka časového horizontu předpovědi.....	18
Obrázek 3 Srovnání vývoje časových řad prodeje tří výrobků	21
Obrázek 4 Charakteristický průběh sezónní složky: a) multiplikatívní, b) aditivní [6.]	34
Obrázek 5 Coulometer WTD[12.]	37
Obrázek 6 Vzorky nafty (Vyřazené vzorky 2-4 zleva).....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná hodnota za 5let	45
Tabulka 2 Průměrná hodnota za 2 roky	45

Seznam grafů

Graf 1 Vydané množství motorové nafty	44
Graf 2 Predikce ze všech tankování za 5 let.....	48
Graf 3 Predikce ze všech tankování z 2 let.....	49

Seznam příloh

Příloha 1 Přepravní list	56
Příloha 2 Kontingenční tabulka	57
Příloha 3 Predikce pomocí sezónního koeficientu	58
Příloha 4 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty z 5-ti let	59
Příloha 5 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty za 2 roky	60
Příloha 6 Predikce pomocí klouzavého průměru a sezónní složky	61
Příloha 7 Predikce ze všech tankování z 5-ti let.....	62
Příloha 8 Predikce ze všech tankování za 2 roky	63
Příloha 9 Graf Vývoj spotřeby / predikce za 2 roky	64
Příloha 10 Tabulka měření kvality motorové nafty.....	65

Příloha 2 Kontingenční tabulka

Součet													
z Množství [1]	Popisky sloupců												
Popisky řádků	Leden	Únor	Břene	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkový součet
2011	153539	142838	149229	152713	169802	178318	162392	156485	143625	146160	138485	143918	1837504
2012	144940	141067	156096	135911	134825	127961	130452	132146	123971	137374	137769	125154	1627666
2013	131551	130105	138837	128588	140107	138673	138076	133947	136094	149855	113073	62634	1541540
2014	63764	62032	67302	66042	69600	63914	71200	69915	71606	75734	66153	66815	814076
2015	59548	58607	65737	68311	62115	63671	71699	60244	60350	58781	62578	60573	752214
Celkový součet	553343	534649	577200	551565	576449	572539	573819	552736	535645	567904	518058	459094	6573000

Příloha 3 Predikce pomocí sezónního koeficientu

Sezónní koeficient objemu vydané nafty z 5-ti let

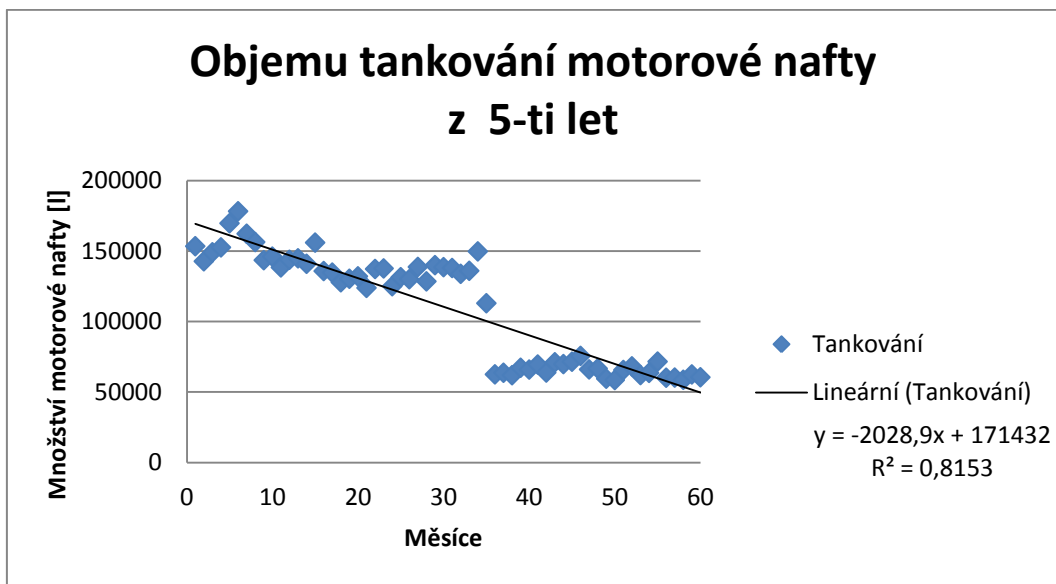
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Průměr [l]	110669	106930	115440	110313	115290	114508	114764	110547	107129	113581	103612	91819
Sezónní koeficient	1,01	0,98	1,05	1,01	1,05	1,05	1,05	1,01	0,98	1,04	0,95	0,84
Trend Y	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550	109550
Predikce podle sezónního koeficientu [l]	110669	106930	115440	110313	115290	114508	114764	110547	107129	113581	103612	91819

Sezónní koeficient objemu vydané nafty za 2 roky

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Průměr [l]	61656	60319	66519	67177	65858	63793	71449	65079	65978	67257	64365	63694
Sezónní koeficient	0,94	0,92	1,02	1,03	1,01	0,98	1,09	1,00	1,01	1,03	0,99	0,98
Trend Y	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262	65262
Predikce podle sezónního koeficientu [l]	61656	60319	66519	67177	65858	63793	71449	65079	65978	67257	64365	63694

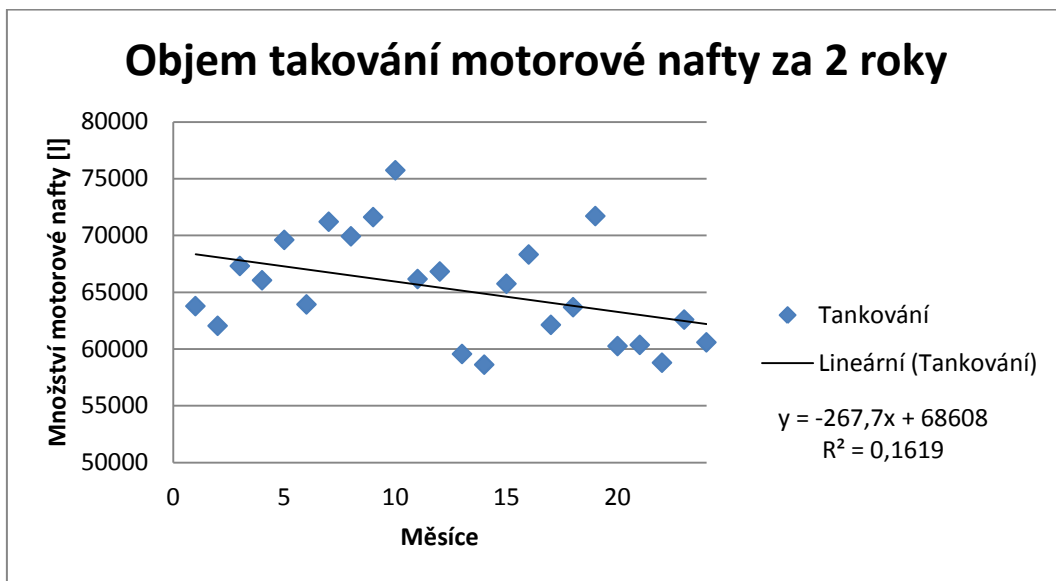
Příloha 4 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty z 5-ti let

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Počet měsíců do predikce	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Predikce [l]	48156	44549	45956	41872	41626	39223	37185	33771	30743	30491	25896	21248



Příloha 5 Predikce pomocí očištěného trendu z objemu vydané nafty za 2 roky

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Počet měsíců do predikce	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Predikce [l]	58495	56979	62562	62905	61400	59213	66027	59873	60429	61325	58424	57554



Příloha 6 Predikce pomocí klouzavého průměru a sezónní složky

Predikce pomocí klouzavého průměru a sezónní složky z 5-ti let

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Předpověď [1]	110669	106930	115440	110313	115290	114508	114764	110547	107129	113581	103612	91819

Predikce pomocí klouzavého průměru a sezónní složky za 2 roky

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Předpověď [1]	61656	60319	66519	67177	65858	63793	71449	65079	65978	67257	64365	63694

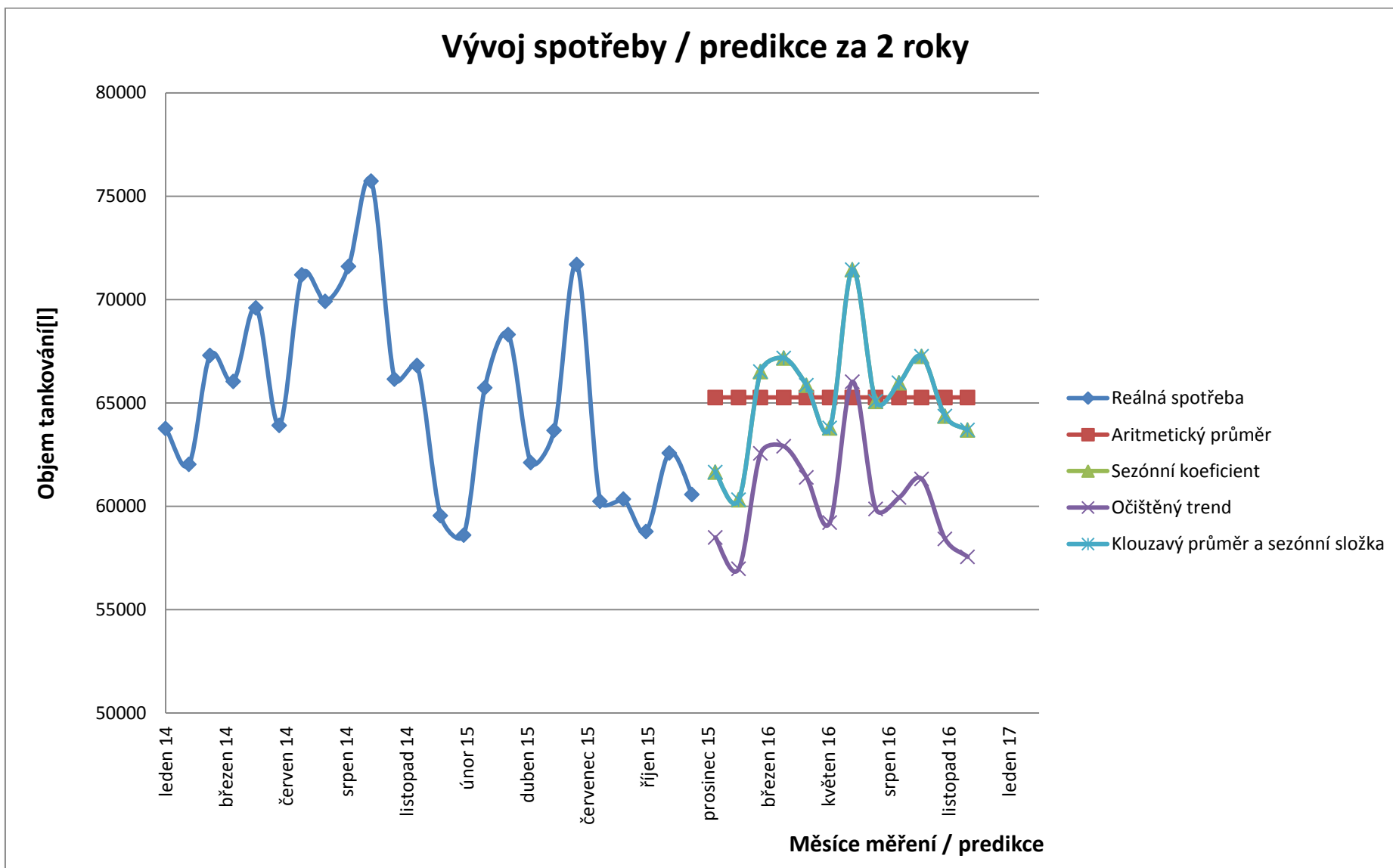
Příloha 7 Predikce ze všech tankování z 5-ti let

Porovnání predikcí na rok 2016 [1]	Aritmetický průměr	Sezónní koeficient	Očištěný trend	Klouzavý průměr a sezónní složka
Leden	109550	110669	48156	110669
Únor	109550	106930	44549	106930
Březen	109550	115440	45956	115440
Duben	109550	110313	41872	110313
Květen	109550	115290	41626	115290
Červen	109550	114508	39223	114508
Červenec	109550	114764	37185	114764
Srpen	109550	110547	33771	110547
Září	109550	107129	30743	107129
Říjen	109550	113581	30491	113581
Listopad	109550	103612	25896	103612
Prosinec	109550	91819	21248	91819

Příloha 8 Predikce ze všech tankování za 2 roky

Porovnání predikcí na rok 2016 [1]	Aritmetický průměr	Sezónní koeficient	Očištěný trend	Klouzavý průměr a sezónní složka
Leden	65262	61656	58495	61656
Únor	65262	60319	56979	60319
Březen	65262	66519	62562	66519
Duben	65262	67177	62905	67177
Květen	65262	65858	61400	65858
Červen	65262	63793	59213	63793
Červenec	65262	71449	66027	71449
Srpen	65262	65079	59873	65079
Září	65262	65978	60429	65978
Říjen	65262	67257	61325	67257
Listopad	65262	64365	58424	64365
Prosinec	65262	63694	57554	63694

Příloha 9 Graf Vývoj spotřeby / predikce za 2 roky



Příloha 10 Tabulka měření kvality motorové nafty

Číslo vzorku	Datum odběru	Váha bez	Váha s	Rozdíl	Naměřená koncentrace	Hodnota udávaná výrobcem	Koncentrace $\mu\text{g H}_2\text{O/g}$	Rozdíl	
		g	g	g	$\mu\text{g H}_2\text{O/g}$	mg/kg	mg H ₂ O/kg		
1.	3. 2. 2016	4,1257	4,6881	0,5624	789,3	19	Vyřazen (1403)		
2.	15. 2. 2016					19	Vyřazen		
3	25. 2. 2016					33	Vyřazen		
4	9. 3. 2016	4,1292	4,6734	0,5442	187,8	26		345	319
5	21. 3. 2016	4,1352	4,787	0,6518	70,9	29		109	80
6	30. 3. 2016	4,1273	4,7174	0,5901	111,3	87		189	102
7	11. 4. 2016	4,1531	4,6653	0,5122	91,6	29		179	150
8	22. 4. 2016	4,1257	4,6711	0,5454	65,5	55		120	65
9	4. 5. 2016	4,1195	4,7394	0,6199	39,7	30		64	34
10	18. 5. 2016	4,1514	4,7331	0,5817	38,5	28		66	38
11	3. 6. 2016	4,1538	4,7487	0,5949	96,1	42		162	120
12	16. 6. 2016	4,147	4,7346	0,5876	99,8	54		170	116
1	27. 6. 2016	4,1355	4,6543	0,5188	42,4	81		82	1
2	8. 7. 2016	4,129	4,8178	0,6888	70,4	125		102	-23
3	19. 7. 2016	4,1435	4,7269	0,5834	83,4	47		143	96
4	1. 8. 2016	4,132	4,5965	0,4645	49,1	76		106	30
5	12. 8. 2016	4,1268	4,6556	0,5288	50,1	56		95	39
6	25. 8. 2016	4,0518	4,5796	0,5278	16,02	52		30	-22
7	5. 9. 2016	4,1356	4,6488	0,5132	49,6	66		97	31
8	19. 9. 2016	4,1469	4,6448	0,4979	43,2	112		87	-25
9	4. 10. 2016	4,1296	4,8826	0,753	73,4	74		97	23
10	14. 10. 2016	4,1538	4,6324	0,4786	53,3	35		111	76
11	27. 10. 2016	4,1377	4,7136	0,5759	56,8	28		99	71
12	9. 11. 2016	4,1523	4,5476	0,3953	38,9	36		98	62

