



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ČVUT V PRAZE**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název: Podnikový systém pro výrobce vazníkových krovů
Student: Karel Křesťan
Vedoucí: Ing. Pavel Šedek
Studijní program: Informatika
Studijní obor: Webové a softwarové inženýrství
Katedra: Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání: Do konce zimního semestru 2020/21

Pokyny pro vypracování

Analyzujte požadavky zákazníka na software pro podporu procesu výroby vazníkových krovů. Vytvořte model případů užití. Stanovte testovací scénáře a očekávaný výstup. Připravte vstupní data pro výpočet. Implementujte software pro výpočet plánu výroby a podkladů pro stavební dokumentaci. Implementovaný software otestujte, výsledky porovnejte s očekávaným výstupem. Zhodnoťte náročnost implementace a přínosy řešení pro podnik.

Seznam odborné literatury

Larman, C. Applying UML and patterns: an introduction to object-oriented analysis and design and iterative development (3rd ed). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall PTR, 2005
Fowler, M. (2003): Patterns of enterprise application architecture. Boston: Addison-Wesley
Pecinovský, R. (2007): Návrhové vzory: [33 vzorových postupů pro objektové programování]. Brno: Computer Press
Gamma, E. (1995): Design patterns: elements of reusable object-oriented software. Reading, Mass.: Addison-Wesley
Metsker, S. J. (2004): Design patterns in C#. Boston: Addison-Wesley.

Ing. Michal Valenta, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. RNDr. Ing. Marcel Jiřina, Ph.D.
děkan

V Praze dne 21. února 2019



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLGIÍ
ČVUT V PRAZE**

Bakalářská práce

Podnikový systém pro výrobce vazníkových krovů

Bc. Karel Křesťan

Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Pavel Šedek

16. května 2019

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Pavlu Šedkovi za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mé práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 16. května 2019

.....

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2019 Karel Křesťan. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Křesťan, Karel. *Podnikový systém pro výrobce vazníkových krovů*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2019.

Abstrakt

Náplní této práce je analýza požadavků výrobců vazníkových krovů na software zajišťující podporu při plánování výrobního procesu a následná implementace softwaru tyto požadavky splňujícího. V práci jsem se zaměřil na analýzu požadavků dvou firem a na jejich základě následně navrhl výsledné řešení. Toto řešení je implementované v jazyce C# pro cílovou platformu .NET Framework 4.6.1. Vytvořená aplikace umožňuje rychlé generování výrobní a částečně stavební dokumentace na základě uživatelských šablon, stará se o plánování výrobního procesu, kontroluje kapacity jednotlivých pracovišť, dostatek materiálu na skladě a na základě těchto údajů umožňuje generování objednávek materiálu. Výsledné řešení v sobě tedy zahrnuje prvky ERP i APS. Aplikaci jsem otestoval nad testovacími daty, vytvořenými pro účely této práce na základě dat z reálného provozu. Hlavním přínosem aplikace je zrychlení úkonů spojených s administrativní činností a snížení chybovosti v průběhu procesu plánování výroby.

Klíčová slova ERP, APS, software na plánování výroby

Abstract

The aim of this thesis is to analyze the requirements of the truss manufacturers for software providing support for manufacturing process planning and subsequent

implementation of this software. In this thesis, I focused on the analysis of the requirements of two companies and designed the solution based on them. The solution is implemented in *C#* and targeted on .NET Framework 4.6.1. The resulting application allows the user to quickly generate production documentation and partly also construction documents based on user templates, takes care of the planning of production process planning, control the capacities of workplaces, inventory level, and material orders. The resulting solution includes an element from both ERP and APS. I tested the application over test data created for the purpose of this work based on data from real production. The main benefit of the application is the improvement of speed of operations related to administrative activity and the reduction of error rate during the production planning process.

Keywords ERP, APS, production planning software

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce	3
2 Analýza problematiky	5
2.1 ERP	5
2.2 MES	7
2.3 APS	8
2.4 Srovnání systémů	10
3 Analýza požadavků zákazníka	11
3.1 Funkční požadavky	11
3.2 Nefunkční požadavky	16
4 Analýza případů užití	17
4.1 Účastníci	17
4.2 Případy užití	18
5 Realizace	21
5.1 Analýza použitých technologií	21
5.2 Analýza návrhu	24
5.3 Postup vývoje	28
5.4 Uživatelské rozhraní	29
6 Testovací data	37
6.1 Testovací data	37
6.2 Test automatického plánování	37
6.3 Test podrobného ručního plánování	39
6.4 Zhodnocení testu	40

Závěr	41
Literatura	43
A Seznam použitých zkratk	47
B Seznam požadovaných dat k použití v šablonách	49

Seznam obrázků

2.1	Struktura ERP systému podle [1]	6
2.2	Zařazení MES do organizace podle zjednodušeného modelu ISA 95. Horní část trojúhelníku odpovídá strategickému řízení organizace, střední vrstva taktickému a spodní vrstva operativnímu[2].	8
5.1	Schéma databáze aplikace	26
5.2	Harmonogram výroby v klasickém zobrazení při zobrazování kapacit . .	30
5.3	Harmonogram výroby v kompaktním zobrazení	30
5.4	Základní ovládací panel zakázky	31
5.5	Pohled na kapacity pracovišť	32
5.6	Nabídka zobrazená po kliknutí na zakázku pravým tlačítkem myši . . .	32
5.7	Nabídka zobrazená po kliknutí na výrobní fázi pravým tlačítkem myši .	33
5.8	Formulář vytvoření zakázky	34
5.9	Formulář nastavení	34
5.10	Zobrazení informací o zakázce	35
6.1	Ruční plán výroby	38
6.2	Nedostatečná kapacita pro plánování zakázky	38
6.3	Automatické plánování po zohlednění přesčasových hodin	39
6.4	Plán po manuální korekci	40

Seznam tabulek

3.1	Rozdílné vlastnosti pracovišť	12
-----	---	----

Úvod

Plánování výrobního procesu patří mezi klíčové činnosti každého výrobního závodu. Výroba vazníkových krovů je pak specifická tím, že se z větší části jedná o výrobu zakázkovou (vzhledem k unikátnosti každé zakázky), na druhou stranu ponechává také velký prostor pro standardizaci (vzhledem k tomu, že obsahuje množství procesů, které se - většinou pouze s rozdílnými parametry - opakují). Vazníkové krovy podléhají přísným specifikacím, což vede k tomu, že mají ve výsledku prakticky vždy srovnatelnou kvalitu a zákazník se tak povětšinou rozhoduje na základě ceny a rychlosti výroby. Je to tedy právě efektivita výrobního procesu, která ve své podstatě často rozhoduje o tom, zda společnost zakázku získá. Zefektivňování tohoto procesu ale díky jeho zakázkovému charakteru není triviální úkol.

Aspektů, které ztěžují plánování tohoto typu výroby, je mnoho. Data, na jejichž základě je výrobní plán vytvořen, se objevují postupně a vždy vedou pouze ke zpřesnění výrobního plánu, nikdy ale ne k tomu, že by plán zcela předpovídal průběh výrobní činnosti. Díky vysoké konkurenci jsou společnosti často nuceny k vydávání cenových nabídek na základě hrubých odhadů, nikoli finálních verzí projektů - a tyto hrubé odhady zahrnovat do výrobních plánů. V pokročilejších fázích plánování, kde je již většina údajů o zakázce známa, čelí zase společnosti výzvě v podobě absence uspokojivé metodiky, na jejímž základě by bylo možno činit odhady pracnosti.

V této práci se věnuji vytvoření vlastní aplikace, jejímž cílem je poskytovat výrobcům vazníkových krovů nástroj pro lepší práci s daty v průběhu celého výrobního procesu, od prvotního odhadu, jehož výstupem je cenová nabídka a hrubý plán, přes precizní naplánování výrobního procesu s ohledem na dostupný materiál a kapacity jednotlivých pracovišť, až po plán dopravy hotových krovů z výrobního závodu.

Téma jsem si zvolil, neboť problém neefektivní práce s daty v podnicích provozujících výrobu vazníkových krovů není uspokojivě vyřešen. Zatímco v některých zemích se již poskytovatelé software pro návrhy střešních konstrukcí snaží

vyjít výrobcům vazníkových krovů vstříc a nabízejí řešení, která výše zmíněné problémy adresují, v ČR se zatím podobný software neobjevil. Využívat řešení vyvinutá v jiných zemích ale není možné z důvodu existence různých norem a odlišné legislativy.

Před samotnou implementací analyzuji požadavky dvou firem, na jejichž základě vytvořím model případů využití a testovací scénáře. Důraz při tom bude kladen na automatizaci co největšího množství úkonů, které před nasazení řešení museli zaměstnanci společností vykonávat ručně. Po implementaci bude aplikace otestována na testovacích datech a výsledky porovnány s očekávanými výstupy. V poslední fázi zhodnotím náročnost implementace a přínosy aplikace pro podniky.

Cíl práce

Cílem teoretické části práce je seznámit čtenáře se základními pojmy a současnými přístupy k software na podporu procesů v podnicích zaměřujících se na průmyslovou výrobu. Dále budou zhodnoceny přínosy nasazení zmíněných systémů pro organizace a diskutovány nedostatky zmíněných řešení.

Následuje analýza požadavků výrobců vazníkových krovů na software pro podporu plánování a řízení výrobního procesu a na generování výrobních a stavebních podkladů. Na základě této analýzy je následně vypracován model případů použití a jsou stanoveny testovací scénáře a očekávané výstupy.

V praktické části jsou nejprve na základě testovacích scénářů připravena testovací data. Následuje návrh aplikace dle provedené analýzy uživatelských požadavků. Aplikace bude implementována pro framework .NET Framework 4.6.1. Nakonec bude diskutován její přínos pro výrobce vazníkových krovů.

Analýza problematiky

Kapitola se zabývá širší analýzou existujících typů informačních systémů s přesahem do výrobního procesu. Tyto systémy definuje a porovnává jejich využitelnost a rozdílné přínosy pro společnosti, které se rozhodnou je implementovat do svého systému řízení.

2.1 ERP

ERP systém, jinak zvaný Enterprise System, je plně integrovaný systém pokrývající funkční oblasti řízení, jako je logistika, výroba, finance, účetnictví a lidské zdroje. Dobře zpracovaný ERP systém vyhovuje následujícím třem požadavkům:

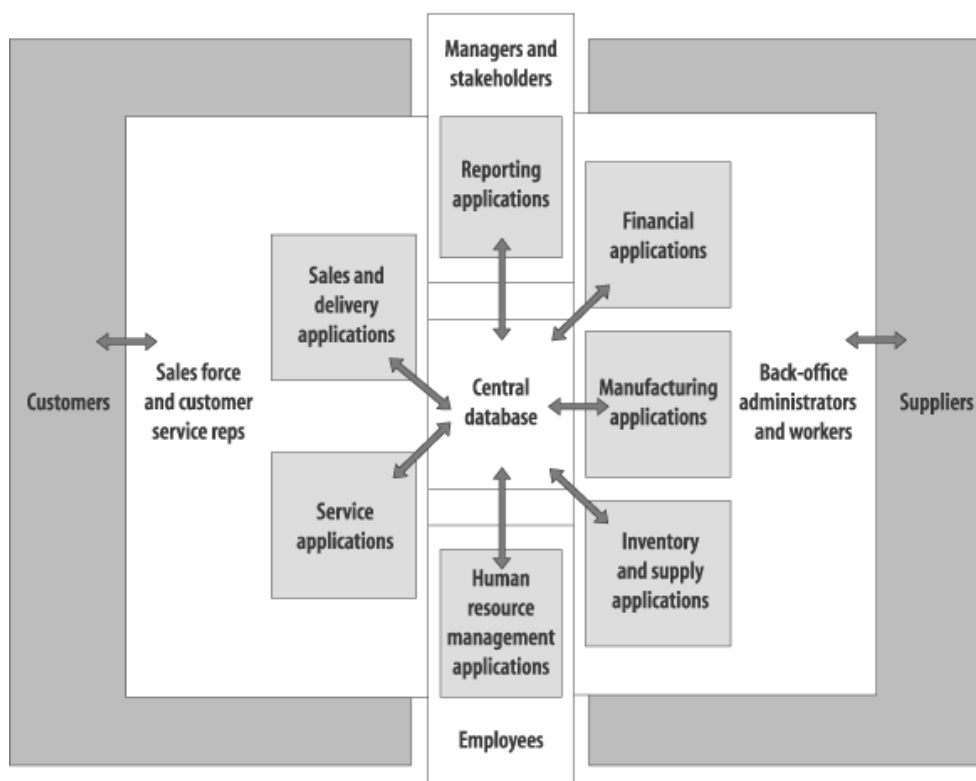
- jedna databáze,
- jedna aplikace,
- jedno uživatelské rozhraní

pro celý podnik. Cílem ERP systému je, aby v podnicích, kde se dříve o jednotlivé oblasti řízení staraly různé aplikace, došlo k optimalizaci informačního toku a využití lidských, materiálních a finančních zdrojů[3]. Ve vztahu k výrobě vychází koncept ERP z takzvaného MRP, definovaného jako "*integrovaný systém pro produkční plánování a jeho kontrolu, založeném na sledování materiálových toků*" [4]. Jak ukáže 2.3, není tento přístup z mnoha různých důvodů ideální.

Za jeden z nejdůležitějších přínosů ERP systému pro podnik lze považovat sjednocení výstupních dat z různých oblastí firmy. U společností, které ERP nevyužívají, není výjimkou, že každý ze systémů, jichž organizace využívá, pracuje s vlastním datovým formátem, což znemožňuje jejich vzájemné propojení. Jak lze vidět na schématu 2.1, ERP systém řeší problém vzájemné provázanosti dat vytvořením centrální databáze. Právě tuto úplnou integraci informačních systémů ale považuje [1] za potenciální riziko - společnost se zavedenými ERP systémy mají tendenci snažit se o plné propojení svých provozních jednotek i v případech, kdy

ANATOMY OF AN ENTERPRISE SYSTEM

At the heart of an enterprise system is a central database that draws data from and feeds data into a series of applications supporting diverse company functions. Using a single database dramatically streamlines the flow of information throughout a business.



Obrázek 2.1: Struktura ERP systému podle [1]

by z jejich segregace mohl podnik naopak těžit a využívat je jako zdroj konkurenční výhody. Typickým příkladem takto nevhodného tlaku na integraci je nahrazení customizovaných služeb generickými.

Z předchozího odstavce tedy vyplývá, že i když zavedení ERP systému ve většině případů pravděpodobně znamená optimalizaci v řídicích a administrativních procesech díky jejich lepší integraci, je ERP stále nutno vnímat jako nástroj k dosažení lepších výsledků, jehož efektivita záleží hlavně na správném využití. Zároveň lze konstatovat, že ERP systémy nejsou primárně určeny k plánování výroby. Přestože se této činnosti často dotýkají, vnímají ji spíše ve vztahu k dalším aktivitám v podniku, než že by se na ni specializovaly.

2.2 MES

Termín MES vychází z 11 funkcí MES systému, definovaných v devadesátých letech asociací MESA (Manufacturing Enterprise Solution Association), a do dnešní doby zjednodušených do klíčových funkcí, které musí systém vykonávat, aby mohl být klasifikován jako MES. Jsou to:

- management úplné technické specifikace produktu a z něj vycházející plánování činností,
- management všech zdrojů nutných k zajištění produktu a jejich alokace,
- vytváření produkčních sekvencí na základě order poolingů¹,
- integrovaný systém pro měření výkonu na výrobní lince,
- dokumentace výrobních dat,
- informační management.

Abychom mohli hovořit o MES systému, musí být všechny tyto funkce namapovány na softwarové procesy[5].

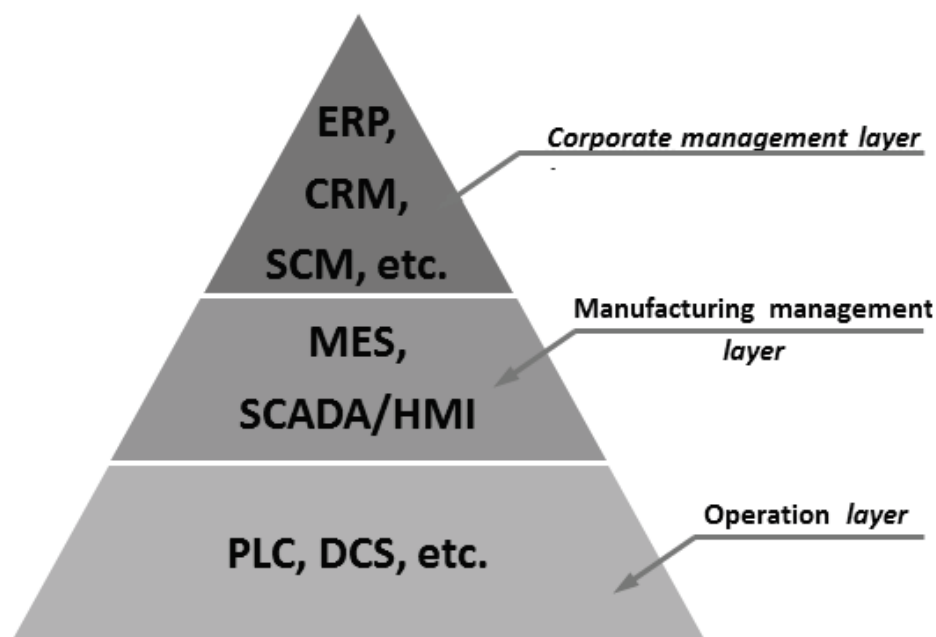
K zařazení MES systému do organizační struktury podniku a zobrazení jeho vztahů s ostatními systémy slouží rozdělení informačních systémů do několika vrstev, jak je zobrazeno na schématu 2.2. Toto schéma rozděluje fungování organizace do tří vrstev:

- podnikové řízení, které se stará o plánování podnikových zdrojů a zajišťování vztahů s dodavateli a odběrateli,
- řízení výroby, které funguje jako mezivrstva pro přenos informací mezi operační vrstvou a vrstvou podnikového řízení,
- operativní řízení, zajišťující funkčnost výrobních jednotek[2].

Na základě těchto informací a dle schématu 2.2 lze soudit, že i přes to, že jsou ERP a MES oddělené systémy, je k jejich správnému fungování potřeba alespoň částečná (na úrovni kompatibilních datových formátů) provázanost, a to oběma směry - MES musí být informováno o strategických rozhodnutích zanesených v ERP a ERP naopak potřebuje zpětnou vazbu v podobě taktických rozhodnutí zanesených v MES systému.

Je třeba si uvědomit, že MES systémy nejsou zodpovědné za samotný proces výroby, pouze za zajištění informačního toku mezi operační a strategickou vrstvou. Jako takové tedy mohou být do značné míry odstíněny od toho, o jaký typ výroby se jedná. Jak ale uvádí [5], míra automatizace samotné výroby závisí na kvantitě vyráběného produktu, stejně tak, jako na komplexnosti jednotlivých úkolů.

¹Kombinace objednávek několika zákazníků do jedné výrobní dávky. Viz definice <https://www.eurocircuits.com/blog/the-history-of-order-pooling/>



Obrázek 2.2: Zařazení MES do organizace podle zjednodušeného modelu ISA 95. Horní část trojúhelníku odpovídá strategickému řízení organizace, střední vrstva taktickému a spodní vrstva operativnímu[2].

Protože se lze v praxi setkat s manuálními, poloautomatizovanými i plně automatizovanými výrobními linkami, musí výstupy MES systému dané situaci odpovídat - pro automatizované části výroby musí systém poskytovat vhodný mechanismus k výměně dat s daným zařízením, pro manuální části zase zajistit přehledné uživatelské rozhraní.

2.3 APS

Koncept APS systému byl vyvinut s cílem adresovat výzvy, limitace a problémy, kterým čelí standardní ERP systémy. APICS Dictionary definuje APS jako "*počítačový program využívající pokročilé matematické algoritmy či logiku, aby dosáhl optimalizace či simulování plánování systému s konečnou kapacitou*" [6]. Cílem APS je integrace plánovacích procesů na různých úrovních řízení a dosažení efektivní alokace zdrojů tak, aby byla dodržena produkční omezení a přitom se podařilo splnit výrobní plán. APS problémem se akademická i komerční sféra stále zabývá, z velké části i díky výpočetní síle dnešních počítačů [7].

2.3.1 Problémy ERP vedoucí ke vzniku APS

Ve standardním pojetí MRP (viz 2.1) ERP systém nejprve vypočítal požadavky na materiál a výrobu naplánoval na jejich základě (předpokládal při tom neomezenou kapacitu pracovišť). Kapacita pracovišť byla do plánování zahrnuta až mnohem později (obě složky plánování tak od sebe byly odděleny), což vedlo k nutnosti celý plán přepočítat na základě nových informací. Pokud se plán ukázal jako nereálný, systém nenavrhoval, jaké změny ve vstupních datech musí být provedeny, aby plán výroby mohl být proveden - velká část optimalizačního procesu proto zůstávala na zaměstnancích blízko samotnému výrobnímu procesu.

Po nahrazení MRP tzv. MRP II došlo k rozšíření fáze plánování materiálu o vytvoření plánu kapacit pracovišť (dochází tedy k naplánování materiálových toků a hned poté k vypočtení požadavků na kapacitu pracovišť). Problém tohoto přístupu spočívá v jeho sekvenčnosti - plánovací proces trvá příliš dlouho a plány tak mohou být zastaralé. MRP II navíc nebere v potaz mnoho operací k výrobě patřících - hlavně logistiku a distribuční řetězec. Absence optimalizačních nástrojů na úrovni operativního plánování výroby pak často vede k nutnosti provádět optimalizaci ručně lidským personálem[8].

2.3.2 Nové přístupy představené v APS

Ve snaze o nalezení optimálního řešení výrobního procesu, ve kterém dochází ke kontinuálnímu přísunu nových požadavků, využívá APS dva přístupy - **exaktní** a **heuristický**. Metody patřící do první třídy vždy vedou na optimální řešení, jejich složitost ale roste exponenciálně s velikostí problému. Metody z druhé skupiny nejsou výpočetně tak náročné, nemusí ale vždy vést na optimální řešení. Z matematického hlediska se tedy jedná o kombinatorický optimalizační problém[7].

Do první skupiny řadíme dvě hlavní techniky - **lineární programování** a **celočíslné programování**. Lineární programování je základním matematickým nástrojem k vyřešení problému optimálního využití zdrojů za daných podmínek, který vede k optimálnímu řešení za předpokladu, že je vztah mezi poptávkovými a nabídkovými proměnnými lineární. Jedná se o speciální případ matematické optimalizace[9]. Matematicky lze problém formulovat následovně:

Nechť L je *účelová funkce* úlohy lineárního programování. Řešením úlohy je pak množina vyhovující

$$\begin{aligned} L(x) &\rightarrow \max \text{ nebo } \max L(x), \\ L(x) &\rightarrow \min \text{ nebo } \min L(x) \end{aligned}$$

a soustavě omezujících podmínek[10]. Celočíslné programování pak řeší stejný problém, do soustavy podmínek ale přidává podmínku celočíselnosti řešení[7].

Jak již bylo v této kapitole zmíněno, nemusí postupy patřící do heuristických metod - druhé z uvedených tříd - vést vždy k optimálnímu řešení. Díky tomuto faktu, ve spojení s jejich menší výpočetní složitostí, jsou proto tyto postupy v rámci

optimalizační procedury využívány často k tvorbě hrubších odhadů, popř. tvorbě prvotního rozvrhu, který je pak dále optimalizován pomocí jiných technik[11]. Existuje celá řada heuristických procedur k vyřešení problému optimalizace výroby, často využívajících prvků umělé inteligence. Typickým zástupcem jsou genetické algoritmy[7].

2.4 Srovnání systémů

Jak ukazuje model ISA 95 (schéma 2.1), jsou MES a ERP oddělené systémy. Společné mají následující prvky:

- jsou navrženy ke sběru a monitorování dat v (skoro) reálném čase,
- nasbíraná data shromažďují do centrálního úložiště,
- jejich cílem je zvyšovat efektivitu práce s informacemi v podniku.

Z hlediska podniku je tak hlavní odlišností především oblast jejich působení. Zatímco MES systémy působí blízko výroby a za jejich hlavní přínos lze tak považovat hlavně zkracování výrobních cyklů a efektivnější nakládání s materiálem, ERP pomáhá organizaci s plánováním podnikových procesů a efektivnějším sdílením vnitropodnikových informací[12].

APS systém je v současnosti považován za rozšíření ERP. Jeho účelem není data shromažďovat (to zajišťuje ERP), ale využívat je k tvorbě optimalizovaných (tedy reálných a dosažitelných) výrobních plánů. APS řeší nutnost zajišťovat spolehlivé dodávky produktu k zákazníkovi a respektuje omezenou dostupnost kapacit v rámci celého procesu, čímž se odlišuje od plánování v ERP. Vzhledem k vyšším nákladům a nutnosti zaškolení personál a motivovat ho k jeho používání není APS vhodné pro všechny podniky (resp. pro mnoho podniků je samotné ERP dostatečné), na druhou stranu může implementace tohoto systému pomoci zajistit optimální využití výrobních kapacit a snížit množství zásob i rozpracované výroby[13].

Analýza požadavků zákazníka

Před samotným návrhem a realizací aplikace je třeba nejprve pochopit problémy, kterým zákazníci čelí a které má aplikace vyřešit. Cílem analýzy je zjistit a pochopit potřeby uživatelů, u nichž se očekává, že budou aplikaci v budoucnu využívat. Vzhledem ke snaze co nejvíce vyhovět potřebám společností, které se systém rozhodnou nasadit, byl vývoj průběžně konzultován s výrobcí vazníkových krovů a požadavky se v průběhu vývoje několikrát měnily namísto toho, aby byl dodržován striktní plán (v souladu s Agilním manifestem [14]).

Požadavky byly získány od výrobců vazníkových krovů Stavers s.r.o. a Karstak s.r.o. a v průběhu vývoje doplněny o požadavky dalších výrobců prostřednictvím společnosti Fine s.r.o. Požadavky byly zjištěny formou rozhovorů s řídicími pracovníky jmenovaných společností a dále upraveny na základě zpětné vazby získané v průběhu testování aplikace v provozu u jmenovaných vazníkových firem.

3.1 Funkční požadavky

V této sekci budou diskutovány uživatelské funkční požadavky. Tyto požadavky se soustředí na interakci uživatele s programem a na popis chování, které uživatelé od programu očekávají.

3.1.1 F1 Harmonogram výroby

Požadavky na harmonogram (plán, kalendář) výroby zahrnují:

- zobrazení seznamu zakázek a základních informací o nich,
- zobrazení plánu pro pracoviště pily, lisu a transportu z výrobní haly (dále jen "výrobní fáze" - podrobněji v 3.1.2) a jejich přiřazení jednotlivým zakázkám,
- možnost rozdělení výrobních fází do několika dní v případě složitějších zakázek,

3. ANALÝZA POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA

Tabulka 3.1: Rozdílné vlastnosti pracovišť

	Dělitelné na části	Jednotka materiálu	Jednotka kapacity	Předchozí fáze	Zvláštní chování v průběhu automatického plánování
Pila	Ano	Není	Dřevěný prvek	Není	Není
Lis	Ano	Deska	Styčnick	Pila	Probíhá poté, co pila ukončí "výrobní dávku", uvedenou v nastavení. Může tedy s pracovištěm pily probíhat z části paralelně
Transport	Ne	Není	Není	Lis	Pokud je "deadline" naplánován na víkend nebo svátek, je pro fázi nalezen nejbližší volný pracovní den předcházející "deadline"

- zobrazení kapacit pracovišť lisu a pily a jejich využití v jednotlivých dnech.

Harmonogram výroby slouží k tomu, aby se v něm uživatel dokázal kdykoli rychle zorientovat a poznal z něj, zda je reálný a zda se ho výrobní hala drží. Podporuje týdenní a měsíční zobrazení, mezi kterými lze přepínat tlačítkem v horní liště programu. Je rozdělen na sloupce, kde každý sloupec představuje jeden kalendářní den, a na řádky, kde každý řádek představuje jednu zakázku, u které program vyhodnotil, že do zobrazovaného intervalu patří (to znamená, že uživatel nastavil do daného intervalu deadline, do kterého zakázka musí být vyrobena a odvezena, nebo se v daném intervalu nachází libovolná část výrobního plánu zakázky). Řádky se zakázkami jsou poté v případě nutnosti dále rozděleny na až tři další řádky, kdy každý z těchto řádků představuje plán jedné výrobní fáze.

Hlavička harmonogramu je tvořena šipkami k pohybu v harmonogramu (a tlačítkem "Přejít na aktuální den" v případě, že uživatel prochází jinou část kalendáře), kalendářními údaji, ukazateli využití kapacity pracovišť a seznamem dalších událostí, které se váží k výrobě, ale přímo nesouvisejí s konkrétní zakázkou, jako jsou objednávky materiálu či varování ohledně chyb ve výrobním plánu bez vztahu ke konkrétní zakázce (viz 3.1.2.3). Tato hlavička je v horní části harmonogramu zobrazena vždy, aby měl uživatel přehled o kapacitách pracovišť i tehdy, když v harmonogramu prochází zakázkou, které se nevešly na hlavní stránku.

Levý sloupec harmonogramu tvoří seznam aktuálně zobrazovaných zakázek. Zakázky obsahují své číslo jednací, název a jméno zákazníka. V případě, že je jejich plán vyhodnocen jako chybný (viz 3.1.2.4), zobrazí se zde upozornění. Poté, co uživatel najede na toto upozornění myší, získá stručný přehled o chybě a možnosti opravy.

3.1.2 F2 Plánování výroby

Výrobní proces je do systému namapován pomocí třech výrobních fází - pila, lis a transport. Tyto fáze se poté mohou dále dělit na části (čímž je zohledněn fakt, že na jedné zakázce mohou jednotlivá pracoviště pracovat několik kalendářních dní). Shrnutí specifik jednotlivých pracovišť obsahuje tabulka 3.1.

Program nabízí možnost uživatelského i automatického plánování 3.1.2.2. Zatímco automatické plánování se drží striktních pravidel (uvedených v 3.1.2.4 a 3.1.2.3) tak, aby nedošlo k porušení integrity, a selže, pokud v daných podmínkách plán sestavit nelze, uživatel může tato pravidla porušit. V takovém případě je

mu nabídnuta automatická oprava (pokud existuje), nebo je na ně alespoň upozorněn.

3.1.2.1 Ruční plánování

Ruční plánování probíhá tak, že uživatel v "seznamu zakázek" (nebo přímo v harmonogramu, pokud nastavil "deadline") vytvoří pro daný den část požadované výrobní fáze. S takto vytvořenou částí může následně manipulovat tak, že změní její datum ("přetažením" do jiného dne v harmonogramu), změní způsob, jakým která z částí konzumuje výrobní kapacitu (v okně vyvolaném pravým kliknutím na danou část a vybráním příslušné nabídky), nebo ji smaže (opět přes pravé stisknutí myši).

V případě pracoviště pily lze manuálně ovlivňovat počty dřevěných kusů, které má pracoviště k danému dni v rámci zakázky zpracovat. V případě lisu jsou k dispozici dva režimy plánování: režim plánování pomocí počtu tzv. styčnicků (odpovídá počtu míst, kde je třeba krov spojit styčnickovou deskou) a pomocí zpracovaných vazníků. První režim je vhodný k vytváření předběžných plánů (viz 3.1.5) (je názorný a představuje jednoduchou metriku, jak plánovat kapacitu na dlouhou dobu dopředu, pro jeho využití přímo ve výrobním procesu by ale operátoři lisu museli každý zpracovaný styčnick počítat, což není praktické), druhý pak ke sledování, zda práce na zakázce pokračuje dostatečně rychle (obsluze pilu stačí zaznamenat seznam vyrobených vazníků, který je následně zadán do programu a ten seznam automaticky přepočítá na počet styčnicků).

3.1.2.2 Automatické plánování

Automatické plánování probíhá tak, že uživatel nejprve vyplní deadline, do kterého musí být zakázka vyrobena a odvezena z výrobní haly. Systém poté najde nejbližší vhodný termín (v souladu s 3.1) a na toto datum naplánuje transport. Následně vypočítá, na kolik částí je rozdělena výrobní dávka pro pilu a každé této dávce přiřadí odpovídající "dávku" pro pracoviště lisu tak, aby mohlo dojít k co největší paralelizaci práce. Následně se pokusí části jednotlivých výrobních fází sjednotit tak, aby byla výroba co nejplynulejší. Pokud není k dispozici dostatek kapacity na kterémkoli pracovišti (což znamená, že aby mohl být proveden, muselo by být plánováno do "minulosti" - data předcházejícího dne, ve kterém je plán počítán), je plánování přerušeno a uživatel je informován o tom, že operaci nelze provést). Automatické plánování se přizpůsobuje kapacitám pracovišť a je proto garantováno, že nevyvolá žádnou z chyb uvedených v 3.1.2.4, může ale vyvolat chybu uvedenou v 3.1.2.3.

3.1.2.3 Kontrola a opravy celkové kvality výrobního plánu

Program kontroluje z hlediska celkového plánu (nezávisle na konkrétních zakázkách) následující položky:

- nepřekračování nastavených kapacit,
- stav desek na skladě.

V případě překročení kapacity určitého pracoviště je o tomto stavu uživatel vyrozuměn přímo v ukazateli kapacit, a to tak, že je mu (v procentech, nebo absolutních číslech) sděleno, o kolik byla kapacita překročena. Pokud se tak stane, může uživatel vyřešit problém přeplánováním určité zakázky (ručně nebo automaticky), nebo navýšením kapacity pracoviště (viz 3.1.3).

Problém s nedostatkem desek na skladě lze řešit dvojím způsobem - provedením inventury, nebo vytvořením objednávky materiálu. Oba tyto způsoby jsou popsány v 3.1.4.

3.1.2.4 Kontrola a opravy konzistence plánu zakázky

Program kontroluje, zda se uživatel nedopustil chyby při ručním plánováním částí jednotlivých výrobních fází. Pro fázi pily a lisu zobrazí upozornění, pokud není mezi částí výroby alokována nezbytná kapacita (např. pokud fáze lisu vyžaduje zpracování 100 styčnickových desek, ale v plánu je alokováno pouze 90) a v případě, že pracoviště mají dostatek kapacity, nabídne uživateli možnost automatického přeplánování. Pro fázi transportu program ověřuje, že uživatel přiřadil zakázce montážníka, jeřábníka a dopravce. Toto upozornění se zobrazí pouze tehdy, když se zakázka nachází ve fázi "přijato zákazníkem" (viz 3.1.5).

3.1.3 F3 Nastavitelnost výrobních parametrů

V rámci přizpůsobení software podmínkám konkrétního pracoviště může uživatel upravovat následující parametry výroby:

- standardní kapacity pracoviště lisu a pily (o víkendech a svátcích vždy 0),
- kapacity pracovišť lisu a pily v jednotlivých dnech (včetně víkendů a svátků),
- standardní nastavení velikosti výrobní dávky pily,
- nastavení výrobní dávky pily pro konkrétní zakázku.

Kromě toho se mohou mezi jednotlivými společnostmi lišit používané typy styčnickových desek - tyto typy uživatel nezadává ručně, ale jsou automaticky načteny z databáze společnosti, se kterou spolupracuje, včetně množství dodávaného v rámci objednávky a ceny za kus.

3.1.4 F4 Správa a objednávky styčnickových desek

Množství styčnickových desek na skladě ovlivňují v rámci programu tři činnosti:

- ruční nastavení velikosti skladu ke konkrétnímu dni (tzv. inventura),

- objednávka desek od dodavatele,
- přepočítání skladu po dokončení výrobní fáze lisu.

Inventuru lze založit kdykoli pod podmínkou, že v předcházejících dnech neexistuje žádná výrobní fáze bez odečteného materiálu (tato podmínka je nutná, aby nedocházelo k chybným inventurám způsobeným tím, že není jasné, které desky již byly v rámci výrobní fáze použity, a které ještě ne). Slouží ke korekci chyb způsobených mimo dosah systému (nekompletní dodávka, špatný typ použitý operátor lisu...)

Objednávku desek lze vygenerovat k libovolnému dni. Objednávkový formulář lze vyvolat ručně, nebo kliknutím na varování ohledně nedostatku materiálu ke konkrétnímu dni. V prvním případě je formulář prázdný, ve druhém případě obsahuje předvyplněné hodnoty tak, aby byl odstraněn problém s nedostatkem materiálu. V obou případech lze objednávku dále ručně upravovat. Po kliknutí na "vygenerovat formulář" je vygenerován soubor ve formátu .csv, který může být odeslán výrobcí desek.

Poslední možnost se provede automaticky poté, co uživatel označí zakázku za "dokončenou" (viz. 3.1.5). Desky vázané k zakázce jsou ze skladu odečteny a výrobní fáze se ve výpočtech dále neprojevuje.

3.1.5 F5 Fázování zakázky

V rámci namapování výrobního procesu do programu se každá zakázka může nacházet právě v jednom z následujících stavů:

- nová,
- přijatá,
- hotová,
- archivovaná,
- opuštěná.

Do fáze "nová" vstupuje automaticky každá zakázka, která je do programu přidána. Reprezentuje stav, kdy je vyprojektován předběžný návrh zakázky určený k zaslání cenové nabídky zákazníkovi, ale ne k samotné výrobě. Program přesto z tohoto návrhu dokáže vytvořit výrobní plán (určený k základnímu přehledu o kapacitách výroby v delším časovém horizontu), nezobrazuje ale všechna upozornění (viz 3.1.2).

Následující fází je "přijatá". Reprezentuje stav, kdy zákazník má o zakázku zájem a ta je připravena do výroby. Program neklade žádná omezení na přechod do této fáze. Při přechodu dojde k úplnému přepočtení všech údajů o zakázce (neboť

často dochází k jejich změně). V tomto režimu je povoleno plánování fáze lisu pomocí vazníků (viz 3.1.2.1). Všechna výrobní upozornění jsou pro tuto fázi zapnuta.

Poslední fáze, která se projevuje v harmonogramu, je "hotová". Do tohoto stavu nelze přejít, pokud nejsou všechny výrobní fáze dané zakázky dokončeny. Po přechodu na tuto fázi dojde k odečtení materiálu ze skladu. Zakázka se stále zobrazuje v harmonogramu, nelze s ní ovšem nijak manipulovat. Po přechodu na fázi "archivovaná" pak zakázka z harmonogramu zmizí úplně, veškeré údaje o ní lze ale dohledat v databázi.

Zakázku lze kdykoli "opustit". Tato fáze odpovídá tomu, že se zákazník rozhodne zakázku z programu zcela smazat. "Opuštěné" zakázky a všechny údaje o nich jsou smazány z databáze.

3.1.6 F6 Generování dokumentace

Program umožňuje využít mnoho údajů o zakázce ke generování libovolné dokumentace. Pokud má uživatel nainstalovaný MS Word a MS Excel, může do libovolného dokumentu ve formátu .docx a .xlsx vepsat některé z klíčových slov uvedených v příloze B a toto slovo je po vybrání daného dokumentu z nabídky programu následně přepsáno odpovídajícím údajem z databáze. V případě .xlsx dokumentu a žádosti o číselný údaj dojde také k přepočítání buněk tak, aby došlo k zohlednění tohoto údaje ve výpočtech.

Kromě generování dokumentace ke konkrétní zakázce pomocí šablon obsahuje program také možnost generování plánu doprav na základě údajů v harmonogramu pro konkrétní období a export údajů k výrobě. V případě požadavku na další dokumentaci by měl být program jednoduše rozšiřitelný.

3.2 Nefunkční požadavky

Program musí korektně fungovat na platformě Windows 7 64-bit a novější. Veškerý další software pro korektní práci programu (kromě MS Office a software pro návrh vazníkových krovů) je dodáván spolu s aplikací. Aplikace musí fungovat nezávisle na dostupnosti internetového připojení.

Analýza případů užití

Tato část práce obsahuje popis případů užití software na podporu plánování výroby pro výrobce vazníkových krovů a uživatelů tohoto systému.

4.1 Účastníci

Samotnou obsluhu software zajišťuje osoba s odpovědností za plánování výrobního procesu. Protože ale software zpracovává množství dat od dalších účastníků tohoto procesu (a poskytuje jim výstupy), jsou pro účely modelu využití považováni za uživatele nikoli osoby, které fyzicky interagují s programem, ale původci a příjemci informací v systému.

4.1.1 Vedoucí výroby

Za vedoucího výroby je považována osoba zodpovědná za tvorbu výrobního plánu, jeho celkové dodržování a za zajištění dostatku materiálu na pracovišti. V závislosti na struktuře organizace může a nemusí být zodpovědný za přepracování hrubého projektu stavby na nákres připravený pro výrobu (v některých organizacích se jedná o kompetenci projektanta). Vedoucí výroby slouží jako prostředník mezi programem a ostatními uživateli - vnáší do systému informace získané od ostatních účastníků a zajišťuje, aby ostatní účastníci měli k dispozici požadované výstupy programu.

4.1.2 Projektant

Projektant je osoba zodpovědná za vytvoření projektu v softwaru na projektování. V závislosti na organizaci může a nemusí připravovat podklady pro výrobu (viz 4.1.1).

4.1.3 Vedoucí pracoviště lisu

Vedoucí pracoviště lisu má zodpovědnost za informování o dodržování plánu na pracovišti lisu a za inventury styčnickových desek.

4.1.4 Vedoucí pracoviště pily

Vedoucí pracoviště pily má zodpovědnost za informování o dodržování plánu na pracovišti pily.

4.1.5 Přeprava krovů

Za přepravce je považována osoba zajišťující, že dojde k přesunu hotového projektu na staveniště. Může se jednat o externího poskytovatele služby či zaměstnance výrobce vazníkových krovů.

4.2 Případy užití

4.2.1 UC1 Přidání zakázky

Pro přidání zakázky s určitým číslem jednacím do programu je nutné, aby projektant nejprve vytvořil zakázku s tímto označením v software na projektování vazníkových krovů. Vedoucí výroby následně zakázce přiřadí zákazníka a zakázku přidá. V případě, že se zakázka již v databázi programu nachází, dojde k zobrazení varování a otevření editačního okna.

4.2.2 UC2 Přidání zakázky s automatickým plánováním

Vedoucí výroby může využít automatického plánování v případě, že se v datech vytvořených projektantem nachází vyprojektované krovy. Vedoucí výroby musí také stanovit deadline, do kterého se má zakázka vyrobit a odvést na staveniště. Jinak je postup stejný jako v případě 4.2.1. V případě nedostatku kapacity jakéhokoli pracoviště operace selže.

4.2.3 UC3 Editace zakázky

Vedoucí výroby může zakázce přiřadit jiného zákazníka a měnit deadline. Ostatní údaje o zakázce může editovat pouze projektant.

4.2.4 UC4 Tvorba výrobního plánu

Jakmile se v projektu zakázky nachází informace o vazníkových krovech (dodané projektantem), může vedoucí výroby do harmonogramu přidat výrobní fáze a jejich části.

4.2.5 UC5 Úprava výrobního plánu

Vedoucí výroby mění výrobní plán vytvářením nových částí výrobních fází, jejich mazáním, změnou dat a úpravou kapacit. Průběžná úprava kapacit je nutná také na základě informací poskytovaných vedoucími pracovišť lisu a pily. Software na tyto úpravy reaguje zobrazením varování v případě, že je plán vyhodnocen jako chybný.

4.2.6 UC6 Dokončení výrobní fáze

Pokud jsou všechny části výrobní fáze dokončeny (jejich datum je menší nebo rovno současnému dni), označí vedoucí výroby fázi za dokončenou. S částmi této fáze pak již nelze manipulovat a materiál, který fáze spotřebovává, je odečten ze skladu.

4.2.7 UC7 Inventura styčnickových desek

Informace o stavu zásob styčnickových desek podává vedoucí pracoviště lisu. Nelze provést inventuru, pokud existují nedokončené výrobní fáze pracoviště lisu.

4.2.8 UC8 Vytvoření objednávky styčnickových desek

Vedoucí výroby může vytvořit objednávku styčnickových desek k libovolnému dni v budoucnu. Pokud je formulář pro generování objednávky otevřen prostřednictvím varování o nedostatku materiálu, je formulář předvyplněný a obsahuje doporučení o velikosti objednávky.

4.2.9 UC9 Změna stavu zakázky

Vedoucí výroby mění stav zakázky na základě informací od projektanta a vedoucích výroby.

4.2.10 UC10 Generování dokumentace k zakázce

Vedoucí výroby využívá program k doplnění informací z databáze do připravených šablon. Pokud program nemá některé údaje k dispozici (nejsou vyplněny vedoucím výroby či projektantem), není údaj doplněn.

4.2.11 UC11 Generování plánu doprav

Aby zodpovědná osoba v místě výroby (většinou vedoucí pracoviště lisu) získala přehled o výjezdech hotových krovů z provozovny, generuje vedoucí výroby plán doprav, obsahující pro jednotlivé dny čísla jednacích vyvážených zakázek, informace o přepravci, jeřábu, montáži a rozměry největšího vazníku z výrobní dávky (zodpovědná osoba na základě tohoto údaje vyhodnotí vhodný typ přepravy). Tento

plán lze vygenerovat také pro konkrétního dopravce. Výchozím obdobím je týden, rozsah lze ale libovolně měnit.

4.2.12 UC12 Export harmonogramu

Pravidelné informování vedoucích pracovišť zajišťuje možnost exportovat výrobní plán do formátu .xlsx. V exportovaném dokumentu se nachází stručné informace o tom, jaká část zakázky musí být ke kterému dni hotova. Výchozím obdobím je týden, rozsah lze ale libovolně měnit.

Realizace

5.1 Analýza použitých technologií

Tato podkapitola se zabývá analýzou technologií použitých při implementaci a důvody k jejich volbě.

5.1.1 Platforma a jazyk

Dle 3.2 musí aplikace fungovat i v případě, že počítač není připojen k internetu. Tento požadavek vylučuje technologie vyžadující pro svou práci internetové připojení. Vzhledem k tomu, že cílovou platformou jsou moderní distribuce Windows (další z nefunkčních požadavků), byl za vývojovou platformu zvolen .NET a k vývoji využít .NET Framework verze 4.7, který je podporovaný systémy Windows 7, Windows 8.1 a Windows 10[15], a jazyk C#.

5.1.2 Uživatelské rozhraní

V rámci .NET Frameworku existují celkem tři standardně využívané platformy pro návrh a vývoj uživatelského rozhraní[16].

WF WF (Windows Forms) je nejstarší z uvedených platforem. Z dnešního pohledu dává smysl vývoj Windows Forms aplikace hlavně z důvodu jejího dlouhého životního cyklu (a tedy očekávané vyspělosti) a jednoduchosti vývoje, který je tvořen skládáním jednotlivých komponent na jejich absolutní pozice v rámci okna (IDE standardně umožňují činit tuto část návrhu v grafickém režimu a vývojář má tedy okamžitou zpětnou vazbu ohledně vzhledu vytvořeného okna). Přestože neexistuje standardní design pattern pro komunikaci mezi UI a zbytkem aplikace, Windows Forms fungují např. s MVP vzorem. Nevýhodou je z dnešního pohledu absence hardwarové akcelerace při vykreslování (a tedy vyšší náročnost na procesor) a obtížný vývoj pro mobilní platformy (vzhledem k zápisu rozměrů a umístění prvků v absolutních hodnotách).

UWP UWP (Universal Windows Platform) je nejnovější platformou, kterou společnost Microsoft pro účely tvorby desktopových aplikací vyvinula. Platforma je vhodná pro aplikace vyžadující složitější uživatelská rozhraní, neboť obsahuje řadu předdefinovaných prvků, poskytuje ale zároveň velké možnosti jejich úpravy. Platforma odděluje UI a business logiku pomocí jazyka XAML (odnož XML) a umožňuje využití design patternu MVVM (viz 5.2.1.1) a techniky data binding, který je pro platformu považován za standard. UWP aplikace psané v jazycích C# a Visual Basic jsou kompilovány do .NET Native a jsou proto velice dobře optimalizovány. Za hlavní nevýhodu platformy lze považovat fakt, že v současnosti podporuje pouze Windows 10, Windows Mobile, Xbox One a Hololens (přestože usnadňuje vývoj se zaměřením na tyto platformy tím, že umožňuje snadnou portabilitu). Další nevýhodou je skutečnost, že UWP aplikace nelze distribuovat pomocí tradičního instalátoru, ale pouze prostřednictvím Microsoft Store.

WPF WPF (Windows Presentation Foundation) lze považovat za předchůdce UWP. Stejně jako UWP, i WPF využívá k definování UI jazyk XAML a podporuje návrh aplikací pomocí MVVM a techniky data binding. Od UWP se liší zejména tím, že (přestože oproti Windows Forms představuje mnoho technik pro mobilní vývoj) necílí na tak široké množství platform, ale pouze na Windows a mobilní zařízení. WPF aplikace se také nekompilují do .NET Native, díky čemuž mají standardně horší výkon. Výhodou je ovšem funkčnost i na starších verzích operačního systému Windows (až do Windows XP, byť Microsoft nasazení na systémech starších než Windows 7 nedoporučuje) a neomezený způsob distribuce aplikace.

Po zvážení silných a slabých stránek zmíněných technologií byla za cílovou platformu vybrána WPF. WPF je oproti WF moderní, výkonná, podporuje oddělení UI od zbytku kódu pomocí jazyka XAML a MVVM vzoru a zároveň umožňuje dostatečnou přizpůsobitelnost svých komponent. Přestože všechna tato pozitiva splňuje i UWP a navíc nabízí vyšší výkon, podpora pouze Windows 10 a nutnost distribuce pomocí Microsoft Store její využití vylučují.

5.1.3 Objektově relační mapování

Objektově relační mapování (zkráceně ORM) je technika zajišťující automatickou konverzi dat mezi relační databází a objektově orientovaným programovacím jazykem. Důvodem k užití této techniky je, že vývojář aplikace potřebuje určitá data ukládat tak, aby byla dostupná i při příštím spuštění programu (tzv. persistentní ukládání), nepotřebuje se ale zabývat tím, jak přesně je tato operace provedena[17].

Pro jazyk C# jsou nejčastěji využívány následující ORM systémy:

Entity Framework Entity Framework je technologie podporovaná společností Microsoft a vydaná v roce 2008 jako součást .NET Framework 3.5. V roce 2013 došlo k vydání aktualizace pod Apache Licence v2 a Entity Framework se tak stal open-source projektem[18]. Výhodou Entity Frameworku je úplné odstranění nutnosti dotazovat se pomocí SQL a podpora Code First přístupu. Zatímco ORM standardně podporují vytvoření entit v kódu na základě databázového schématu, Code First vytváří entity a vazby v databázi na základě kódu (tedy obráceně). Výhodou tohoto přístupu je, že pokud dojde k nutnosti databázové schéma v průběhu vývoje změnit, není nutné provádět změny na dvou místech - v databázi a v kódu - ale pouze v kódu. Nevýhodou Entity Frameworku je právě odstínění vývojáře od práce s SQL a s tím spojená menší optimalizace generovaných dotazů.

Dapper Dapper byl vyvinut společností StackExchange Group. Na rozdíl od výše zmíněné technologie je založen na tradičnějším způsobu komunikace s databází pomocí SQL dotazování. Dapper je díky tomu z hlediska výkonu aplikace rychlejší, komplikuje ale vývoj, hlavně pokud je třeba v databázi v jeho průběhu provádět změny. Jedná se o nejnovější z uvedených technologií (první stabilní verze byla vydána v roce 2011).

NHibernate NHibernate je open-source software vydávaný pod GNU Lesser General Public Licence. Jedná se o port Hibernate ORM pro jazyk Java. První verze pochází z roku 2007 a jedná se tedy o nejstarší z uvedených technologií. Podobně jako v případě Entity Framework, i NHibernate se stará o generování SQL dotazů, na rozdíl od něj ale vývojář není zcela odstíněn od interního fungování databáze, neboť samotné dotazování probíhá formou transakcí, které je třeba v rámci kódu manuálně připravovat a odesílat. Vývojář má tak lépe pod kontrolou, jaký typ dotazu a kdy je odeslán a zpracován[19].

Vzhledem k tomu, že se předpokládá využití programu jako desktopové aplikace pro jednoho uživatele, není rychlost komunikace s databází považována za prioritu, neboť v průběhu jejího využívání nebude docházet k nutnosti pracovat s řádově více než se stovkou jednoduchých záznamů naráz. Naopak lze očekávat nutnost změn ve struktuře databáze v průběhu vývoje a testování díky snaze o maximální přizpůsobení aplikace zákazníkovi i za cenu mírného odchylení od původní specifikace. Pro vývoj byl z těchto důvodů zvolen Entity Framework a jím podporovaný Code First přístup.

5.1.4 Databázový systém

Databázové systémy slouží k ukládání a získávání dat na žádost ostatních programů. Tyto programy mohou být spuštěny na stejném počítači jako databázový systém, nebo na libovolném počítači umístěném v síti (včetně internetu). Platforma Windows je podporována celou řadou databázových systémů. Vzhledem k

volbě Entity Frameworku jako nástroji pro objektově relační mapování má smysl uvažovat pouze o systémech, které jsou s tímto nástrojem kompatibilní.

Microsoft SQL Server Microsoft SQL Server je databázový server vyvinutý společností Microsoft. Microsoft SQL Server je distribuován v několika edicích, přičemž edice Express je poskytována zdarma, ovšem za cenu omezení velikosti databáze na 10 gigabytů, 1 gigabytu paměti a jeden procesor.

SQLite SQLite je knihovna obsahující relačně databázový systém. Hlavní odlišnost SQLite oproti ostatním zmiňovaným systémům spočívá v tom, že se nespouští jako samostatný proces fungující na principu klient-server, ale poskytuje rozhraní pro komunikaci s databází přímo programu, který databázi využívá. Soubory .dbm, ve kterých SQLite záznamy ukládá, jsou nezávislé na platformě.

MySQL MySQL je open-source relačně databázový systém využívaný hlavně pro webové aplikace a weby vyžadující rychlou databázi. Kromě open-source verze je nabízena také Enterprise edice, vyznačující se hlavně placenou podporou.

Za databázový systém byl zvolen Microsoft SQL Server v edici Express. Důvodem je dobrá kompatibilita s ostatními zvolenými technologiemi a hlavně snadná komunikace se zbytkem programu prostřednictvím Entity Framework.

5.2 Analýza návrhu

Tato podkapitola se zabývá tím, jak je program navržen a důvody k volbě jednotlivých vzorů.

5.2.1 Architektura

K zajištění komunikace mezi uživatelským rozhraním a zbytkem programu byl použit návrhový vzor MVVM (Model-View-ViewModel).

5.2.1.1 MVVM vzor

MVC Původním předchůdcem MVVM je MVC (Model-View-Controller). V tomto vzoru představuje Model data požadovaná zbytkem aplikace. Pokud dojde ke změně těchto dat, je o změně View informován prostřednictvím Controlleru a View tak může být v případě potřeby aktualizován. View zajišťuje uživatelské rozhraní, hlavně pak zobrazení dat uživateli a poskytnutí elementů pro uživatelskou interakci s programem. Model tedy zapouzdřuje vnitřní logiku programu a data, View zapouzdřuje prezentační logiku a Controller přejímá uživatelské vstupy získané prostřednictvím ovládacích prvků z View a zasílá požadavky na změnu dat Modelu[20][21].

MVP Vývojovým stádiem mezi MVC a MVVM je MVP (Model-View-Presenter), který vychází z MVC, ovšem rozšiřuje ho o tzv. data binding, což je technika, pomocí které Model informuje View za minimálního přispění programátora. Hlavní výhodou tohoto návrhu je fakt, že umožňuje vývojářům vyvíjet pro několik zobrazovacích zařízení naráz (např. desktop/mobilní a webovou aplikaci) a přitom minimalizovat množství kódu specifického pro konkrétní zobrazovací platformu[22].

MVVM Model-View-ViewModel je vzorem vyvinutým společností Microsoft jako variace MVP vzoru s cílem maximalizace výhod plynoucích z používání WPF technologie. Model v sobě ukládá data a business logiku (podobně jako v případě MVP a MVC) a o View nemá žádné informace. ViewModel je abstrakcí View a obsahuje informace o jejím stavu a kód související s technikou data binding. ViewModel neobsahuje přímou referenci na třídu View, komunikaci mezi View a Modelem zajišťuje pomocí data bindingu definovaného jazykem nezávislým na Modelu (v případě WPF aplikací se jedná o XAML, dialekt jazyka XML)[23].

5.2.2 Databáze

Tato sekce se věnuje popisu databázového modelu. Relační model byl vygenerován pomocí nástroje Microsoft SQL Server Management Studio 17. Samotná databáze byla vytvořena create scriptem generovaným prostřednictvím Entity Frameworku na základě databázových entit popsaných ve zdrojovém kódu aplikace.

Databáze obsahuje celkem 14 tabulek, jejichž datové typy byly zvoleny tak, aby co nejlépe zachycovali realitu procesu řízení výroby vazníkových krovů. Integritní omezení databáze jsou zajištěna návrhem programu a zajišťují, že do databáze nejsou vloženy nesprávné hodnoty.

I01 - denní kapacita pracoviště je větší nebo rovna nule

I02 - zvýšení i snížení hladiny materiálu je uváděno jako kladné číslo

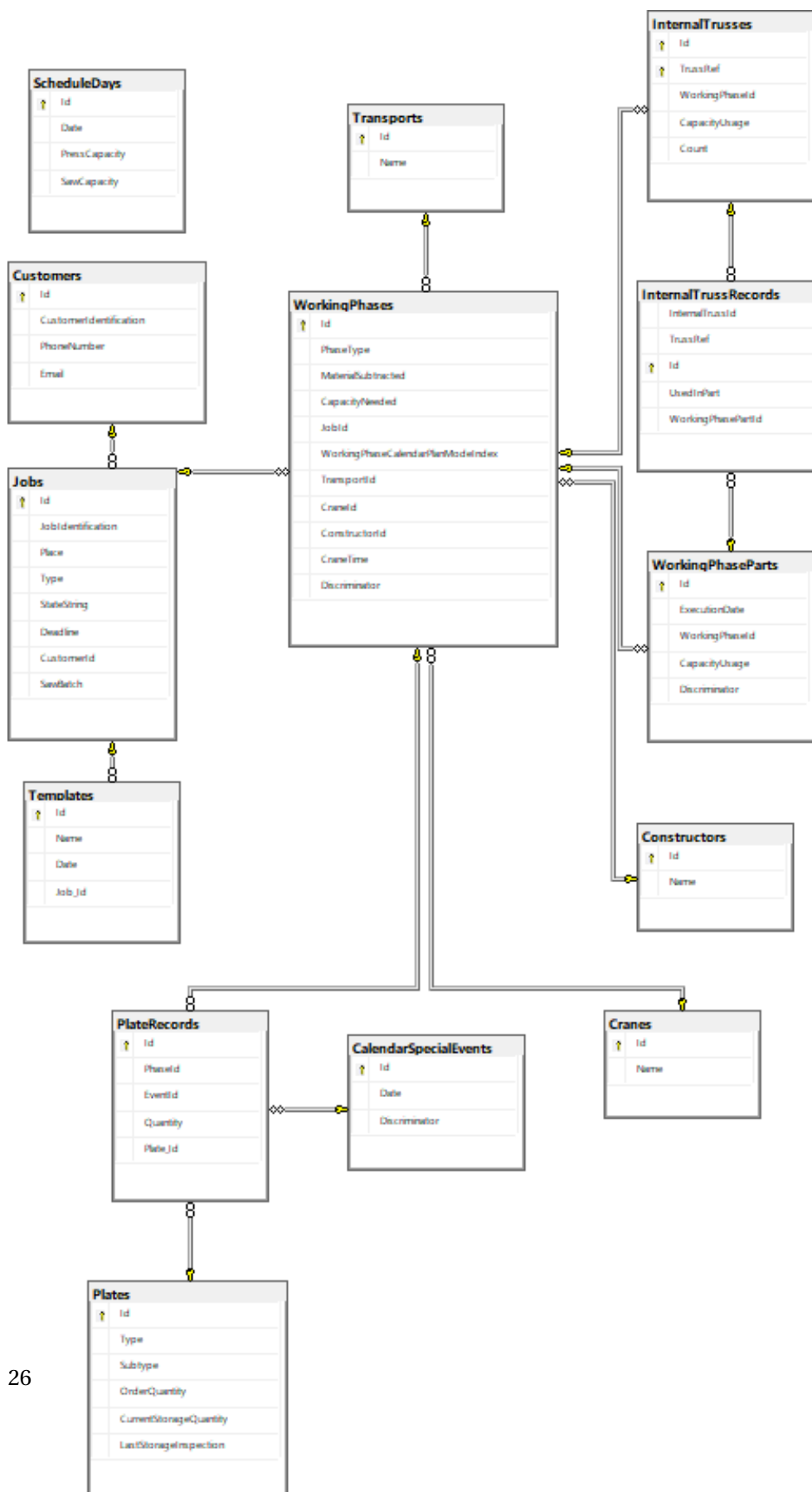
I03 - existují právě 3 typy WorkingPhase - pila, lis, transport

I04 - každé zakázce je přiřazena nejvýše jedna WorkingPhase daného typu

I05 - pokud WorkingPhase nemá přiřazen ani jeden WorkingPhasePart, chová se program, jako kdyby zakázka neměla danou fázi vůbec přiřazenou

I06 - WorkingPhase může mít přiřazen libovolný počet WorkingPhasePart s výjimkou WorkingPhase typu Transport, která může mít přiřazen nejvýše jeden WorkingPhasePart

5. REALIZACE



- I07** - v jednom dni může pro danou WorkingPhase existovat nejvýše jeden WorkingPhasePart
- I08** - prvky Place a Type v tabulce Jobs jsou uživatelsky nezměnitelné (jedná se o data získaná z databáze MBA)
- I09** - prvek CapacityNeeded v tabulce WorkingPhases je uživatelsky nezměnitelný (jedná se o data získaná z databáze MBA)
- I10** - tabulka Plates je generována na základě dat z MBA a nelze ji uživatelsky upravovat

Nejdůležitější tabulkou je tabulka Jobs, která představuje konkrétní zakázku a obsahuje obecná data o stavbě, jako je její název a místo, přičemž tato data získává automaticky z databáze MBA. V této tabulce lze také nalézt, v jaké fázi se momentálně zakázka nachází. Přestože se v MBA nacházejí také informace o zákazníkovi, z důvodu přílišné složitosti vytváření zákazníků v tomto programu byla na základě požadavku zákazníku vytvořena také tabulka Customers, obsahující základní informace o objednateli zakázky.

Druhou nejdůležitější tabulkou je tabulka WorkingPhases, představující abstrakci výrobních fází. Do této tabulky jsou mapovány informace týkající se dané výrobní fáze spojené se zakázkou - předně se jedná o typ dané výrobní fáze, poté informace o tom, zda byl materiál nutný pro danou fázi již odečten ze skladu, nutná kapacita pracoviště (u lisu a pily) a informace o dopravě, jeřábu a montáži (u transportu). Každá WorkingPhase se pak dále dělí na WorkingPhaseParts, reprezentující rozdělení výrobní fáze do několika dnů.

Další databázová tabulka má název ScheduleDays a obsahuje kapacity pro pracoviště lisu a pily. Při vytváření a vykreslování výrobního plánu jsou používány standardní hodnoty (nastavené uživatelem) ve všední dny a hodnota 0 o svátcích a víkendech, v případě, že se ale uživatel rozhodne kapacitu v některý den změnit, je vytvořen záznam v tabulce ScheduleDays s nově přidělenou kapacitou.

Tabulka Templates reaguje na požadavek zákazníka, který si přál vidět, které šablony u které zakázky již vygeneroval. Tabulka Templates tedy obsahuje čas a název vygenerované šablony. V případě, že je šablona generována několikrát, je využit vždy poslední čas generování.

Tabulka InternalTrusses umožňuje snadnější plánování na základě reálných dat z výroby. Vedoucí pracovišť díky ní nemusí podávat informace přímo o tom, jakou část plánu se v který den podařilo splnit, ale mohou podávat informace o počtu zpracovaných vazníkových prvků. Informace o přiřazené výrobní fázi, o počtu těchto prvků a o tom, jak velkou část výrobního plánu daný prvek reprezentuje, jsou načítány z databáze MBA.

Poslední tabulkou je CalendarSpecialEvents. Jedná se o abstraktní tabulku představující události v kalendáři související se změnou materiálu. Do budoucna se očekává její využití pro události spojené s hladinou dřeva, v původních požadavcích ale existuje pouze jeden typ události, a to změna hladiny styčnickových desek na skladě prostřednictvím objednávky.

5.3 Postup vývoje

Před začátkem vývoje byly stanoveny 4 milníky, v rámci nichž byla vždy nasazena a testována nová verze software.

5.3.1 1. milník

5.3.1.1 Požadované funkce

Zajištění komunikačního rozhraní pro získávání dat z MBA. Generování dokumentace nezávislé na harmonogramu (částečné splnění 3.1.6) do MS Excel a MS Word šablon na základě dat z MBA.

5.3.1.2 Problémy

Při plnění 1. milníku se nevyskytly žádné problémy.

5.3.2 2. milník

5.3.2.1 Požadované funkce

Vytvoření uživatelského rozhraní pro plánování výroby (bez nutnosti pracovat s materiálem a kapacitami výroby - částečné splnění 3.1.2). Generování dokumentace závislé na harmonogramu (splnění zbytku požadavků v 3.1.6).

5.3.2.2 Problémy

Rozhraní pro plánování výroby se ukázalo v určitých případech jako nedostatečné, neboť umožňuje zobrazení pouze 10 zakázek naráz - vyřešeno přidáním druhého, tzv. "kompaktního" pohledu, umožňujícího vykreslit až 25 zakázek naráz za cenu

méně detailního zobrazení. Uživatelské rozhraní se ukázalo jako pomalé - částečně vyřešeno optimalizací metod pro vykreslování, při přepínání mezi týdny se ovšem stále objevuje lag.

5.3.3 3. milník

5.3.3.1 Požadované funkce

Přidání kapacitního plánování výroby s možností nastavení (splnění ?? a 3.1.3. Přidání správy materiálu, včetně upozornění na nedostatek materiálu na skladě (splnění 3.1.4).

5.3.3.2 Problémy

Při plnění 3. milníku byl několikrát přepracován algoritmus pro automatické plánování výroby, aby vytvářel co nejrealističtější výrobní plány.

5.3.4 4. milník

5.3.4.1 Požadované funkce

Rozdělení zakázek do fází (splnění 3.1.5). Přidání upozornění na problémy s výrobním plánem (splnění ??).

5.3.4.2 Problémy

Ukázalo se, že při změně stavu zakázky na "Přijatá" může dojít k tomu, že zatímco při hrubém odhadu pracnosti se zakázka do výrobního plánu vešla, její čistá verze již nikoli - vyřešeno po domluvě s uživatelem tak, že zakázka svůj stav změnila, její výrobní plán je ovšem smazán a je tedy nutné kapacitu buď uvolnit, přesunout deadline, nebo ji naplánovat ručně.

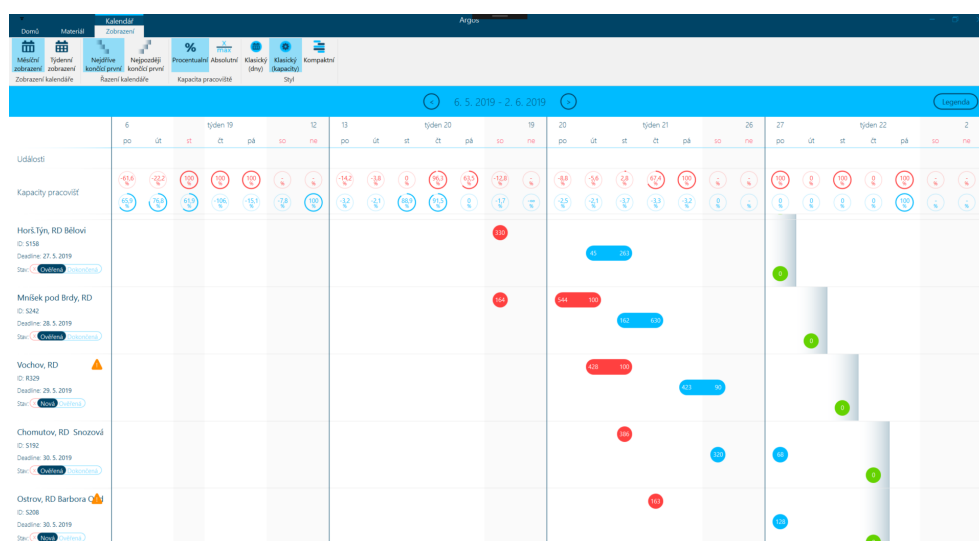
5.3.5 Další vývoj

V dubnu 2019 byla aplikace představena společnosti Fine spol. s r. o., která se zabývá vývojem stavebního software. V blízké budoucnosti je naplánováno napojení na databázi jejich programu Truss4 a zapracování některých funkcí programu přímo do Truss4. Program bude dále rozdělen na několik modulů a nabízen dalším výrobcům vazníkůvých krovů na licenčním základě.

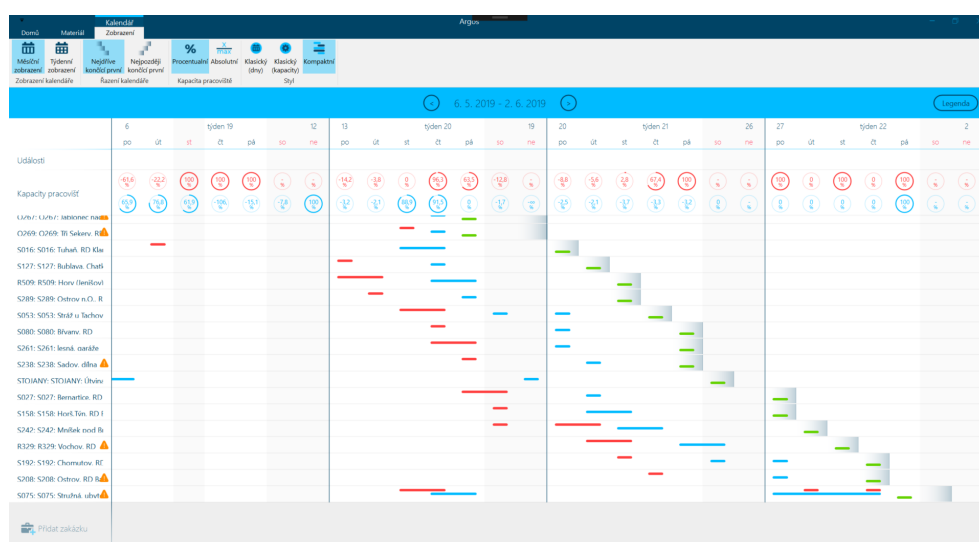
5.4 Uživatelské rozhraní

V této sekci jsou popsány jednotlivé části aplikace z hlediska uživatelského rozhraní, doplněné o reálné snímky z aplikace.

5. REALIZACE



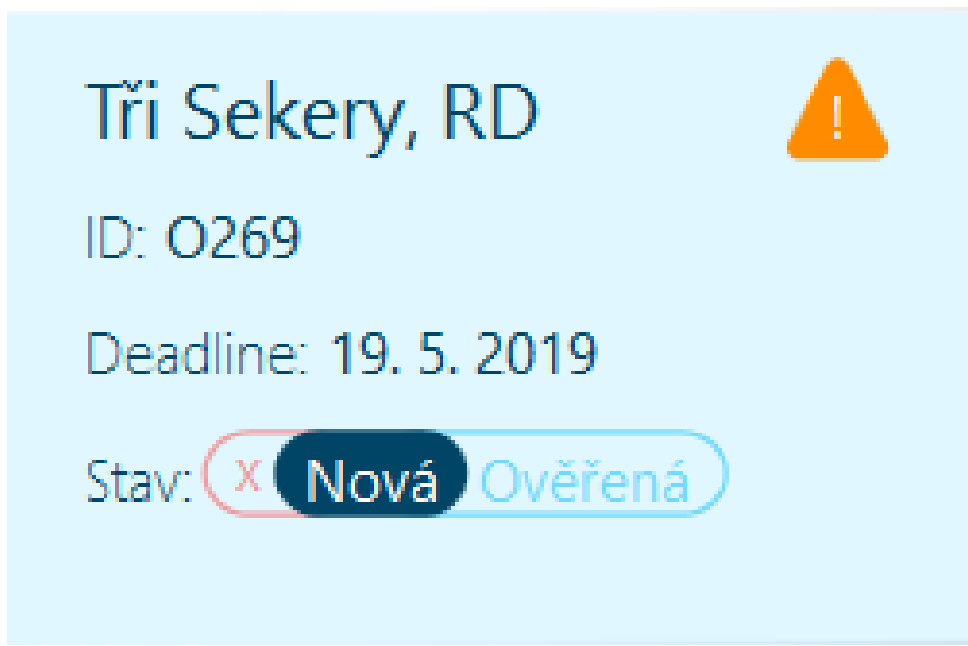
Obrázek 5.2: Harmonogram výroby v klasickém zobrazení při zobrazování kapacit



Obrázek 5.3: Harmonogram výroby v kompaktním zobrazení

5.4.1 Harmonogram výroby

Harmonogram výroby je hlavní obrazovkou, která se uživateli zobrazí hned po spuštění a zůstává zobrazena většinu času v průběhu využívání aplikace. Je dostupný ve 3 režimech - klasický při zobrazování kapacit spotřebovávaných pracovišti 5.2, klasický při zobrazování času začátku a konce fáze a v kompaktním režimu 5.3 pro zobrazení více zakázek naráz.

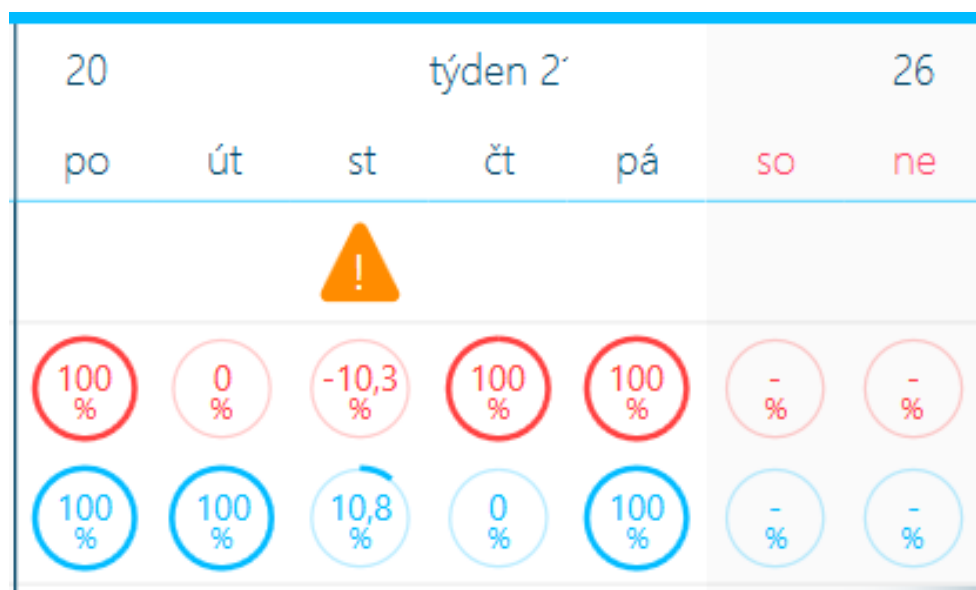


Obrázek 5.4: Základní ovládací panel zakázky

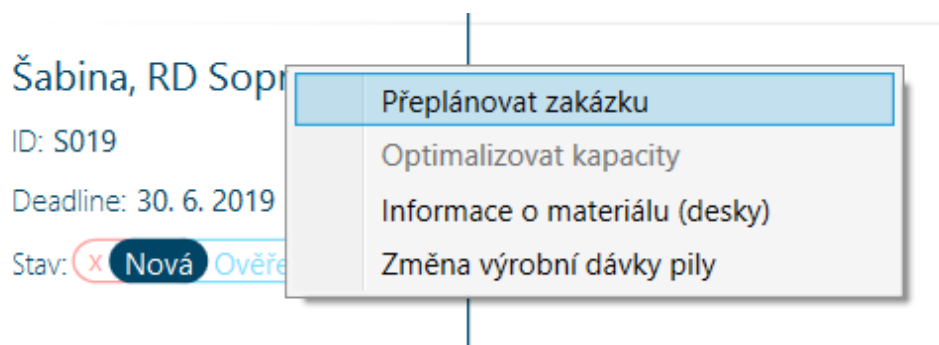
Sloupce harmonogramu (s výjimkou prvního) představují dny, řádky pak jednotlivé zakázky. U každé zakázky jsou o ní v prvním sloupci 5.4 uvedeny základní informace, aby mohla být uživatelem snadno identifikována. Kromě stručného popisu se v prvním sloupci nachází ještě panel pro změnu fáze a odstranění zakázky a, v případě, že program u dané zakázky zjistí problém se současným plánem, ikona varování, která umožňuje vypsání nalezených problémů a jejich vyřešení po stisknutí pravého tlačítka myši. Poslední řádek v harmonogramu je vyhrazen pro tlačítko na přidání další zakázky.

Záhlaví harmonogramu 5.5 je tvořeno časovými údaji (číslo týdne, datum), řádkem pro zobrazení událostí bez vztahu ke konkrétní zakázce (varování o nedostatku materiálu, objednávka materiálu) a dvěma řádky pro zobrazení kapacit (pracoviště lisu a pily) 5.5. Kapacity lze zobrazovat jak v absolutních hodnotách, tak jako procento nevyužitých zdrojů pracoviště (znak nekonečna v tomto případě symbolizuje, že se na pracovišti daný den nepracuje).

Harmonogram je z uživatelského hlediska velmi interaktivní. Prázdné dny podporují vytvoření nové výrobní fáze pomocí dvojkliku, nebo stiskem pravého tlačítka myši a zvolení příslušné nabídky. Pokud je v daném poli již fáze naplánována, lze ji po stisknutí pravého tlačítka myši a vybrání požadované činnosti upravovat



Obrázek 5.5: Pohled na kapacity pracovišť

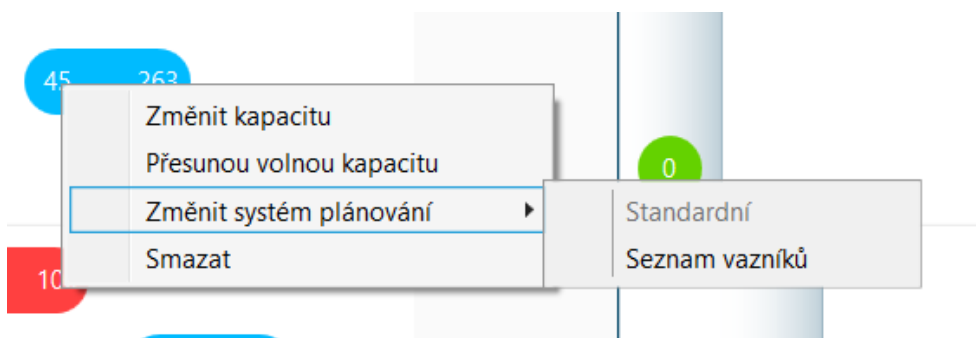


Obrázek 5.6: Nabídka zobrazená po kliknutí na zakázku pravým tlačítkem myši

5.7, nebo ji přesunout do jiného dne pomocí tzv. drag-and-drop (pokud daný den již fází stejného typu obsahuje, jsou tyto fáze sloučeny). Kliknutím na ukazatel kapacity pro daný den lze kapacitu editovat a při pravém kliknutí na zakázku se otevře panel umožňující pokročilou manipulaci se zakázkou 5.6.

5.4.2 Vytvoření zakázky

Formulář vytvoření zakázky 5.8 obsahuje tři editovatelná pole. ID zakázky slouží k zadání identifikátoru zakázky, pod kterým je zakázka evidována v databázi MBA. Pole obsahuje case-insensitive našeptávač, zobrazující všechny zakázky nacházející se v MBA a začínající zadaným řetězcem. Jakmile uživatel z našeptávače vybere požadovanou zakázku, program nejprve ověří, zda zakázka již nebyla přidána v



Obrázek 5.7: Nabídka zobrazená po kliknutí na výrobní fázi pravým tlačítkem myši

minulosti (v takovém případě zakázku nelze přidat, pouze otevřít editační formulář) a následně načte z databáze MBA typ zakázky a místo (což jsou needitovatelná pole).

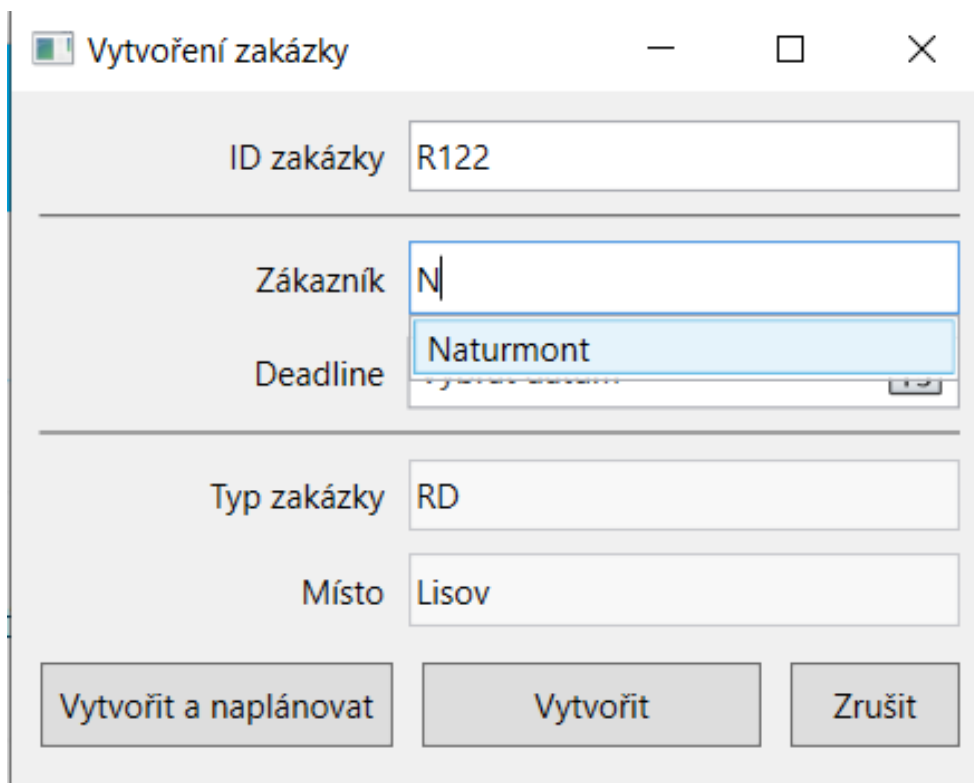
Druhým editovatelným polem je zákazník. Podobně jako ID zakázky obsahuje i toto pole našeptávač, pokud je ale zadán zákazník nenacházející se v databázi, je bez upozornění přidán do databáze a zakázce přiřazen.

Posledním polem je očekávaný konec zakázky - deadline, jehož zadání probíhá prostřednictvím výběru z kalendáře a nejsou na něj kladeny žádné speciální požadavky.

Po vyplnění údajů má uživatel na výběr ze dvou možností - zakázku pouze přidat, nebo ji přidat a provést automatické plánování. Pokud automatické plánování selže (ve výrobním plánu není mezi dnem zadání a deadline dostatečná volná výrobní kapacita), je zobrazeno upozornění a zakázka není přidána.

5.4.3 Nastavení

V tabulce nastavení 5.9 má uživatel možnost měnit rozličná nastavení výrobního plánu a upravovat systémové cesty. První tři položky představují výchozí položky pro plánování kapacit a automatické plánování. Informace o nadměrném nákladu slouží pro korektní zobrazení varování o překročení hranice nadměrného nákladu v generovaných dokumentech. Dny do upozornění slouží pro správné zobrazení upozornění v harmonogramu.



Vytvoření zakázky

ID zakázky R122

Zákazník N

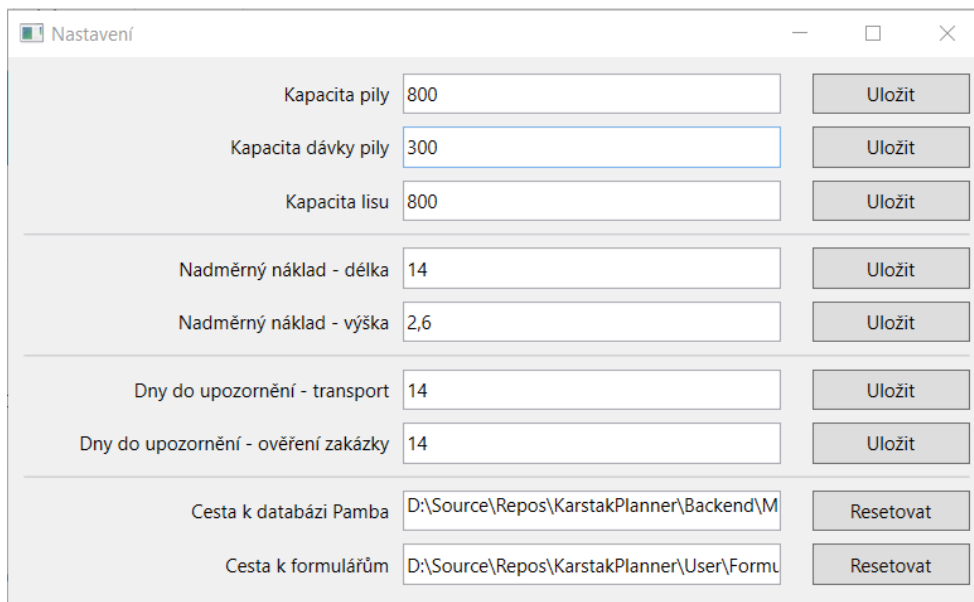
Deadline Naturmont

Typ zakázky RD

Místo Lisov

Vytvořit a naplánovat Vytvořit Zrušit

Obrázek 5.8: Formulář vytvoření zakázky



Nastavení

Kapacita pily 800 Uložit

Kapacita dávky pily 300 Uložit

Kapacita lisu 800 Uložit

Nadměrný náklad - délka 14 Uložit

Nadměrný náklad - výška 2,6 Uložit

Dny do upozornění - transport 14 Uložit

Dny do upozornění - ověření zakázky 14 Uložit

Cesta k databázi Pamba D:\Source\Repos\KarstakPlanner\Backend\M Resetovat

Cesta k formulářům D:\Source\Repos\KarstakPlanner\User\Formu Resetovat

Obrázek 5.9: Formulář nastavení

Informace o zakázce

Informace o zakázce

ID Zakázky R247

Zákazník p. Hána

Předpoklad od 21.05.2019

Předpoklad do 26.05.2019

Přijato zákazníkem

Uložit změny

Typ zakázky MŠ

Název stavby

Místo Hrnčíře

Sněhová oblast

Zatížení

Typy vazníků

Kalendář

Název fáze	Realizace
Lis	5/23/2019 12:00:00 AM
Transport	5/24/2019 12:00:00 AM
Pila	5/22/2019 12:00:00 AM

Nová fáze Upravit fázi Smazat fázi

Šablony

Název šablony	Generováno
cenovaNabidka.xlsx	13.05.2019 9:45:01
prohlase..._ks.doc	
prohlase...stavba.do	
protokol_ke_stavbe.xls	
velke_CE.doc	

Generovat šablonu

Obrázek 5.10: Zobrazení informací o zakázce

5.4.4 Informace o zakázce

Formulář "Informace o zakázce" 5.10 slouží k zobrazení informací o již existující zakázce. Po levé straně se nachází informace o zakázce s možností přiřazení zakázky jinému zákazníkovi. V pravém horním rohu jsou zobrazeny informace o jednotlivých výrobních fázích s možností jejich editace či smazání. V pravém dolním rohu se pak nachází seznam uživatelských šablon dostupných k vygenerování.

Testovací data

Tato kapitola se zabývá přípravou testovacích dat, metodikou testování a hodnotí míru splnění očekávání zákazníka.

6.1 Testovací data

Pro účely testování byla společností Karstak s.r.o. poskytnuta data k zakázkám, jejichž datum výjezdu z haly bylo předpokládáno v týdnu od 20. 5. 2019 až 26. 5. 2019 - konkrétně se jedná o zakázky s číslem jednacím S056, S034, P742, S044, R124 a S030.

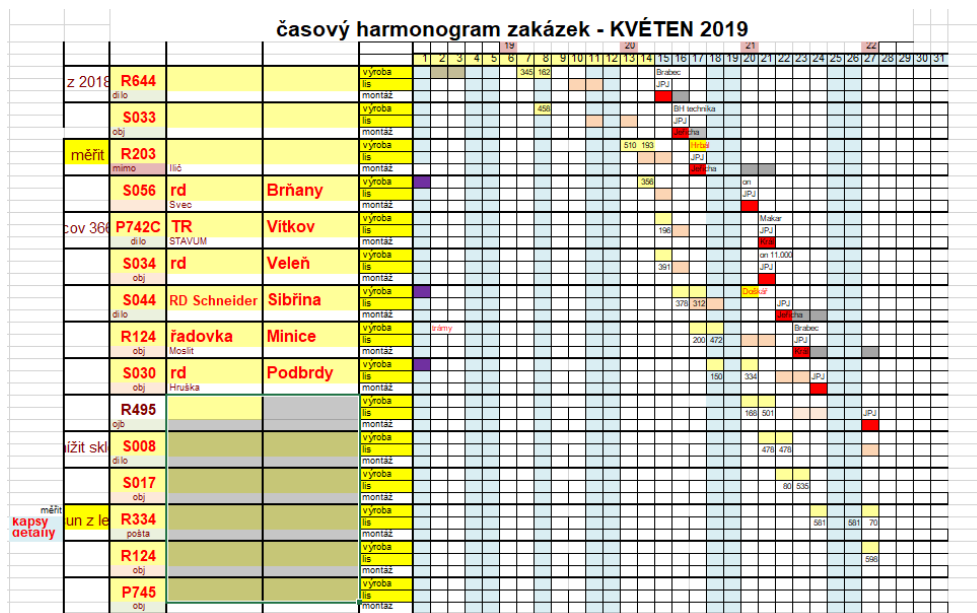
Plán výroby pro daný týden ručně zhotovený společností je zobrazen na obrázku 6.1. Data výjezdu jsou v plánu označena červeně, výrobní fáze pak představují žluté a oranžové buňky. Z plánu je patrné, že aby byly termíny společností dodrženy, je třeba vyrábět kromě pracovních dní také v sobotu 18. 5.

6.2 Test automatického plánování

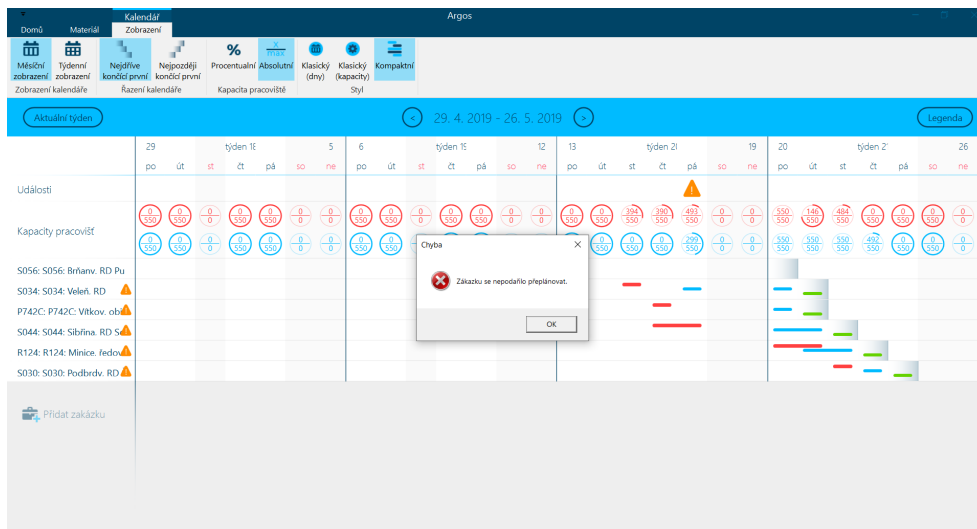
Pro účely ověření funkce automatického plánování byla nejprve v souladu s ručně vytvořeným plánem 6.1 stanovena data výjezdu z haly. Program měl následně pro každou ze zakázek vytvořit výrobní plán při standardním nastavení společnosti Karstak s.r.o. (kapacita pracoviště lisu 550 styčníků a kapacita pracoviště pily 550 dřevěných prvků). Jak lze vidět na 6.2, nebyl program při standardním nastavení úspěšný z důvodu nedostatečné kapacity výroby.

Pro úspěšné sestavení výrobního plánu bylo (podobně jako v případě sestavo-

6. TESTOVACÍ DATA

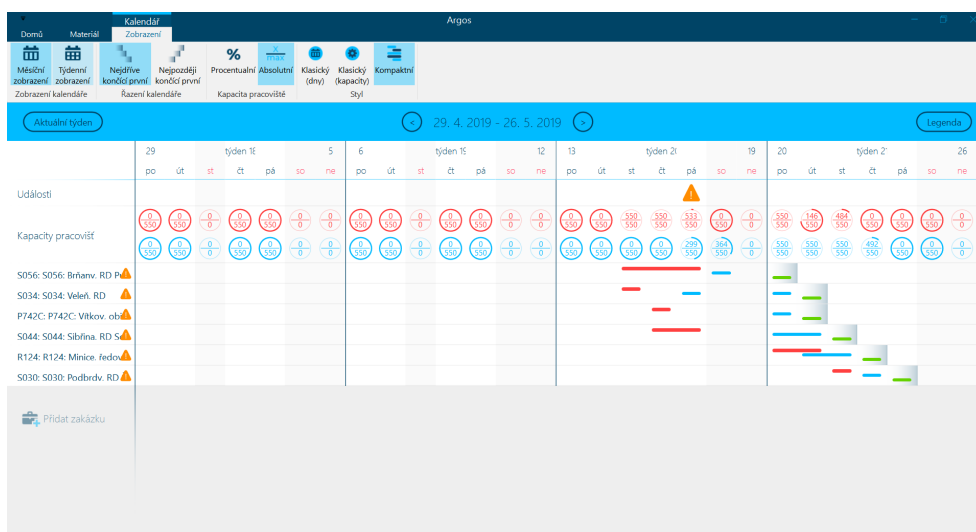


Obrázek 6.1: Ruční plán výroby



Obrázek 6.2: Nedostatečná kapacita pro plánování zakázky

6.3. Test podrobného ručního plánování



Obrázek 6.3: Automatické plánování po zohlednění přesčasových hodin

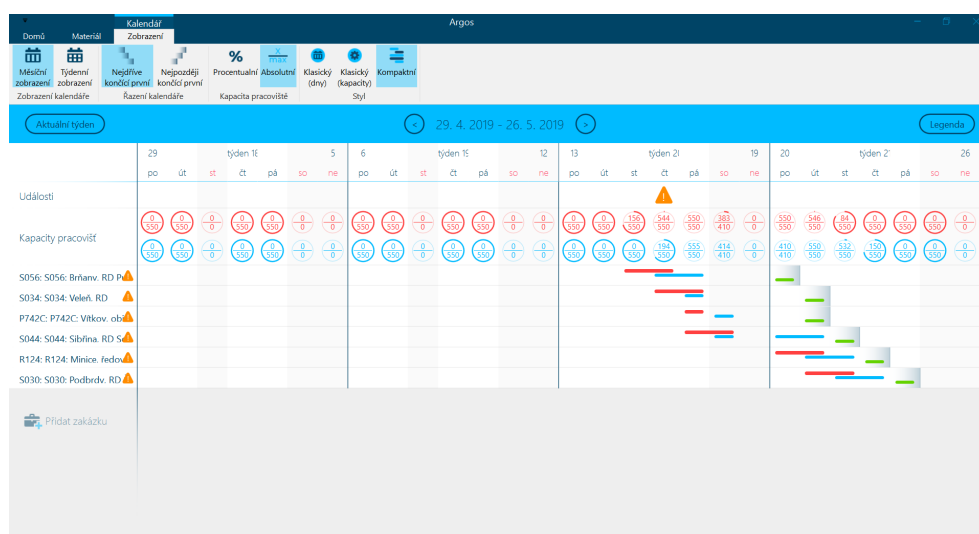
vaní plánu mimo aplikaci) nutné v rámci plánování počítat také s výrobou v sobotu 18.5. V rámci programu byla tato situace zohledněna změnou kapacity pracovišť 18. 5. z 0 na 550. Jak lze vidět na 6.3, po tomto kroku již bylo plánování úspěšné.

Ve vygenerovaném výrobním plánu si lze povšimnout drobnějších nelogičností. Fáze pily v zakázce S056 se prolíná s výrobou dalších 3 zakázek místo toho, aby byla výroba řazena logicky sekvenčně za sebou (důvodem je skutečnost, že program zcela vyplňuje kapacity jednotlivých dnů). Další nesrovnalostí je nedostatečné využití víkendové kapacity (problém je způsoben změnou kapacity v průběhu plánování - lze očekávat, že pokud by byla kapacita přidána již v začátku plánování, k problému by nedošlo).

6.3 Test podrobného ručního plánování

K odstranění problémů zmíněných na konci 6.2 slouží možnost ručního odladění plánu uživatelem. Jak je vyplývá z 6.4, všechny zmíněné nedostatky lze v tomto režimu odstranit. Díky přehledu o kapacitách pracovišť v jednotlivých dnech bylo navíc učiněno rozhodnutí snížit kapacitu pracovišť v sobotu 18. 5. (obě pracoviště) a v pondělí 20. 5. (pracoviště pily) z 550 na 410, což pro společnost Karstak s.r.o. znamená úsporu jednoho pracovníka na každém pracovišti.

6. TESTOVACÍ DATA



Obrázek 6.4: Plán po manuální korekci

6.4 Zhodnocení testu

Provedený test prokázal užitečnost funkce automatického plánování pro ověření dostatečnosti kapacity výroby v dlouhodobějším horizontu a pro tvorbu předběžných plánů, které ovšem v současnosti stále vyžadují manuální úpravy. Tyto manuální úpravy program dále zjednodušuje tím, že v reálném čase poskytuje všechny nezbytné údaje nutné k tvorbě plánu a minimalizuje riziko chyby výrazného překročení kapacity pracoviště, nebo naopak jeho nedostatečného využití. V průběhu testování vykázal program v rámci automatického plánování podobné výsledky, jakých firma Karstak s.r.o. dosahuje tvorbou ručního plánu (tzn. plán nebylo možné realizovat bez navýšení kapacit pomocí přesčasových hodin), díky zpětné vazbě programu v reálném čase bylo ale možné plán při následujícím ručním plánování lépe optimalizovat (snížením kapacit pracovišť /počtu pracovníků ve výrobě).

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou, návrhem, implementací a testováním podnikového systému pro výrobce vazníkových krovů. Aplikace měla za cíl umožnit výrobcům vazníkových krovů lépe pracovat s jejich daty, hlavně v rámci plánování výrobního procesu. Dále měla za úkol zjednodušit generování výrobní i nevýrobní dokumentace pomocí uživatelských šablon a předpřipravených formulářů.

Výsledné řešení výše uvedené cíle splnilo a koresponduje s funkčními požadavky zákazníka. Harmonogram výroby poskytuje komplexní přehled o stavu výrobního procesu, umožňuje jeho úpravu a prostřednictvím varování a informací o kapacitách pracovišť poskytuje zpětnou vazbu v reálném čase. Pro odhadování výrobních plánů v delším časovém horizontu slouží funkce automatického plánování. Program také poskytuje možnost využívat data v systému ke generování dokumentace do uživatelských šablon a poskytuje předpřipravené formuláře k exportu.

Z hlediska budoucího rozvoje systému je možné doplnit stávající řešení kontroly výrobního plánu o možnost tvorby uživatelsky definovaných varování. Z hlediska kontroly stavu materiálu je plánována kontrola hladiny řeziva, která rozšíří stávající správu skladu styčnickových desek. Posledními uvažovanými rozšířeními je napojení systému na projekční software Truss4 společnosti Fine spol. s r.o.

Literatura

- [1] Davenport, T. H.: Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, květen 1998, [cit. 13.3.2019]. Dostupné z: <https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system>
- [2] Sekala, A.; Kost, G.; Dobrzańska-Danikiewicz, A.; aj.: The distributed agent-based approach in the e-manufacturing environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, ročník 95, 11 2015: str. 012134, doi: 10.1088/1757-899X/95/1/012134.
- [3] Anto, J. S.: An empirical study of Enterprise Resource Planning systems in construction industry. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, ročník 03, č. 4, 2016, [cit. 13.3.2019]. Dostupné z: <https://www.irjet.net/vol3-issue4>
- [4] Peeters, J.: Early MRP Systems at Royal Philips Electronics in the 1960s and 1970s. *IEEE Annals of the History of Computing*, ročník 31, č. 2, Květen 2009: s. 56–69, ISSN 1058-6180, doi:10.1109/MAHC.2009.23.
- [5] Franz Fuchs, K. T., Heiko Meyer: *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, Planning, and Deployment*. Mnichov, Německo: McGraw-Hill Education, 2009.
- [6] James F. Cox, J. H. B.: *APICS Dictionary*. Alexandria, USA: APICS, 2002.
- [7] Chen, K.: *Modeling and optimization of advanced planning and scheduling (APS)*. Dizertační práce, The Hong Kong Polytechnic University, 2007. Dostupné z: <https://search-proquest-com.zdroje.vse.cz/docview/304717064?accountid=17203>

- [8] Lupeikiene, A.; Dzemyda, G.; Kiss, E; aj.: Advanced Planning and Scheduling Systems: Modeling and Implementation Challenges. *Informatica*, ročník 25, 12 2014: s. 581–616, doi:10.15388/Informatica.2014.31.
- [9] Gregersen, E.: Linear programming. Jul 2017. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/linear-programming-mathematics>
- [10] Demel, J.: Operační výzkum. *Učební texty vysokých škol, Vysoké učení technické v Brně*, 2006.
- [11] Applegate, D.; Cook, W.: A computational study of the job-shop scheduling problem. *ORSA Journal on computing*, ročník 3, č. 2, 1991: s. 149–156.
- [12] Greb, E.: Putting Together the Pieces. *Pharmaceutical Technology*, ročník 32, č. 10, 10 2008: s. 40–40,42,44,46. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/198173374?accountid=17203>
- [13] Pokorný, P.: *Využití optimalizace v řízení výroby*. Dizertační práce, Vysoké učení technické v Brně, 2008.
- [14] Beck, K.; Beedle, M.; Van Bennekum, A.; aj.: Manifesto for agile software development. 2001.
- [15] Rpetrusha, R.: .NET Framework Versions and Dependencies. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/migration-guide/versions-and-dependencies>
- [16] Kennedy, J.: Choose Your Platform - Windows applications. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/choose-your-technology/uwp-wpf-and-windows-forms>
- [17] Fowler, M.: *Patterns of Enterprise Application Architecture: Pattern Enterprise Applica Arch.* Addison-Wesley Signature Series (Fowler), Pearson Education, 2012, ISBN 9780133065213. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=vqTfNFDzzdIC>
- [18] Rowan: EF7 - New Platforms, New Data Stores. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150929124551/http://blogs.msdn.com/b/adonet/archive/2014/05/19/ef7-new-platforms-new-data-stores.aspx>
- [19] Kuate, P. H.: *NHibernate in action*. Manning, první vydání, c2009, ISBN 1-932394-92-3.
- [20] Larman, C.: *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process (2nd Edition)*. Prentice Hall PTR, 2001, ISBN 0130925691.

- [21] Gamma, E.: *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Professional, 1994, ISBN 0201633612.
- [22] Metsker, S.: *Design Patterns in C#*. Software patterns series, Addison-Wesley, 2004, ISBN 9780321126979.
- [23] Soni, S.; Dhete, P.; Patil, S.; aj.: Industrial Automation using Windows Presentation Foundation & Model View View-Model Pattern. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, ročník 1, 2012: s. 149–152.

Seznam použitých zkratk

ERP Enterprise Resource Planning

APS Advanced Planning and Scheduling

MES Manufacturing Execution Systems

MRP Material Requirements Planning

Seznam požadovaných dat k použití v šablonách

- Číslo jednací zakázky
- Seznam typů vazníků
- Název zakázky
- Datum výjezdu kamionu
- Jméno/název zákazníka
- Zatížení horního pasu (v kPa)
- Zatížení dolního pasu (v kPa)
- Odhad délky pozednice
- Počet dodatečných prken
- Plocha střechy (v m²)
- Počet styčnickových desek
- BMF zakázky
- Běžné metry řeziva
- Odhad kubatury
- Celková cena styčnickových desek
- Šířka nejširšího vazníku

B. SEZNAM POŽADOVANÝCH DAT K POUŽITÍ V ŠABLONÁCH

- Délka nejdelšího vazníku
- Celkový počet dřevěných prvků