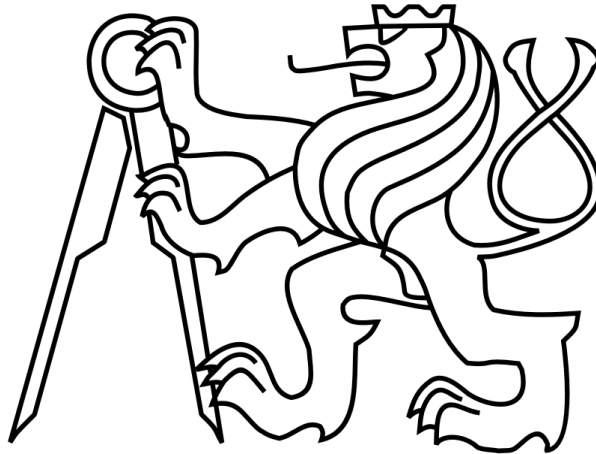


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Bakalářská práce

Generování dat z CAM systému Siemens NX pro realizaci výroby na CNC
stroji

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sklenička** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **482407**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Generování dat z CAM systému Siemens NX pro realizaci výroby na CNC stroji

Název bakalářské práce anglicky:

Generating data from the Siemens NX CAM system for production on a CNC machine

Pokyny pro vypracování:

Popis tématu: Student bude pracovat na přípravě funkcí v prostředí Siemens NX CAM pro automatické generování výrobních dat pro CNC stroje (návodky, seřizovací listy nástrojů) s napojením na postprocessor. Osnova: A) Rešerše možností automatického generování dat v přípravě výroby, B) analýza funkcí CAM systému Siemens NX pro možnost tvorby návodek postupu obrábění a seřizovacích listů nástrojů, C) analýza Siemens NX pro tvorbu pokročilých uživatelských funkcí (OpenNX, journaling) a vytváření dialogových oken, D) návrh variant řešení automatizovaného generování návodek pro Siemens NX, E) vytvoření drah nástrojů na vzorovém dílci v Siemens NX, E) vytvoření postupu tvorby návodek obrábění na základě využití připraveného vzorového dílce. Rozsah textové části: 40 - 60 stran; Rozsah grafické části: vybrané vývojové diagramy.

Seznam doporučené literatury:

1) MÁDL, J.: Technologie obrábění. 1., 2. a 3. díl. 2. vydání. Praha: ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03752-2; 2) RYBÍN, J.: Automatické řídicí systémy. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1991. 150 s. ISBN 80-01-00694-8.; 3) Machine Tool Control. SIEMENS [online]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/nx/for-manufacturing/machine-tool-controllers/>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Vavruška, Ph.D., ústav výrobních strojů a zařízení FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Kovalčík, Ph.D., 12135

Datum zadání bakalářské práce: **29.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Petr Vavruška, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne do 24.7.2021



.....
podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petru Vavruškovi, Ph.D., Ing.Paed.IGIP za cenné rady a odborné vedení během tvorby mé bakalářské práce a v neposlední řadě také za jeho čas při častých osobních konzultacích. Děkuji také mému konzultantovi Ing. Jaroslavu Kovalčíkovi, Ph.D. za jeho odborné rady při programování vlastního řešení a rovněž za jeho čas, který investoval do společných konzultací. Tímto bych chtěl poděkovat i panu Macháčkovi z firmy AERO Vodochody AEROSPACE, a.s. za osobní konzultaci problematiky a vnesení nových nápadů do výsledného řešení.

Závěrem patří poděkování i mé rodině a mým blízkým, kteří mě během celého studia podporovali a motivovali.

Anotace

Autor:	Petr Sklenička
Název BP	Generování dat z CAM systému Siemens NX pro realizaci výroby na CNC stroji
Rozsah práce	75 stran, 56 obrázků, 3 tabulky
Akad. rok vyhotovení:	2021
Škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí BP:	Ing. Petr Vavruška, Ph.D., Ing.Paed.IGIP
Konzultant:	Ing. Jaroslav Kovalčík, Ph.D.
Zadavatel:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Využití:	Automatické generování výrobní dokumentace (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů, NC program) pro realizaci výroby na CNC stroji
Klíčová slova:	výrobní dokumentace, návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů, NC program, NX Open, Journaling, Block UI Styler, Post Builder, postprocessor, Shop Documentation, Siemens NX
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá možnostmi automatické tvorby výrobní dokumentace napříč CAM programy a programy k tomu určenými. Na tyto možnosti následně navazuje vlastní návrh automatické tvorby návodky pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů v CAM systému Siemens NX s návazností na postprocessor.

Annotation

Author:	Petr Sklenička
Title of bachelor dissertation:	Generating data from the Siemens NX CAM system for production on a CNC machine
Extent:	75 pages, 56 figures, 3 tables
Academic year:	2021
University:	CTU in Prague, Faculty of mechanical engineering
Department:	Ú12135 – Department of productions machines and equipment
Supervisor:	Ing. Petr Vavruška, Ph.D., Ing.Paed.IGIP
Consultant:	Ing. Jaroslav Kovalčík, Ph.D.
Submitter of the theme:	CTU in Prague, Faculty of mechanical engineering
Application:	Automatic generating of production documentation (operation list, tool list, NC code) for realization of manufacturing process on a CNC machine.
Keywords:	production documentation, operation list, tool list, NC code, NX Open, Journaling, Block UI Styler, Post Builder, postprocessor, Shop Documentation, Siemens NX
Annotation:	Bachelor's thesis deals with possibilities of automatic generating of production documentation across CAM programs and programs designed for this. These possibilities are then followed by the own design of automatic generating of operation list and tool list in Siemens NX with connection to a postprocessor.

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam AJ	Význam ČJ
3D PDF	Three-dimensional space portable document format	Trojrozměrný přenosný formát dokumentů
CAA	Computer aided assembly	Počítačem podporovaná montáž
CAD	Computer aided design	Počítačem podporované projektování
CAE	Computer aided engineering	Počítačem podporované inženýrství
CAM	Computer aided manufacturing	Počítačem podporovaná výroba
CIM	Computer integrated manufacturing	Počítačem integrovaná výroba
CNC	Computer numerical control	Počítačové numerické řízení
NC	Numerical control	Číslicové řízení
PMI	Product and manufacturing information	Informace o produktu a výrobě

Obsah

1. Úvod a cíl práce	10
2. Výrobní proces a jeho náležitosti.....	11
2.1 Výrobní postup	11
2.2 Výrobní dokumentace a způsoby její tvorby	13
2.3 Návodka pro obrábění.....	14
2.4 Seřizovací listy nástrojů.....	14
3. Software pro podporu přípravy výroby	16
3.1 Počítačem integrovaná výroba.....	16
3.2 Počítačem podporované projektování.....	16
3.3 Počítačem podporované inženýrství	16
3.4 Počítačem podporovaná výroba.....	17
3.5 Software pro automatizovanou tvorbu výrobní dokumentace	17
3.5.1 Současné funkce CAM systémů	18
3.5.2 Současné softwarové nadstavby pro CAM systémy	24
3.5.3 Řešení pomocí samostatného softwaru.....	27
4. Analýza funkcí Siemens NX pro tvorbu výrobní dokumentace	30
4.1 Shop Documentation.....	30
4.2 NX Open	32
4.3 Post Process a Post Builder.....	34
5. Návrh variant řešení automatizovaného generování výrobní dokumentace	37
6. Vlastní řešení tvorby výrobní dokumentace	47
6.1 Vlastní metoda generování návodky pro obrábění	47
6.2 Implementace upravených metod pro generování seřizovacích listů nástrojů a NC programu	56

6.3 Zajištění generování výrobní dokumentace do uživatelem specifikovaného adresáře	61
7. Vytvoření drah nástrojů na vzorovém dílci a ověření vytvořeného řešení	62
8. Závěr	66
Seznamy	69

1. Úvod a cíl práce

Zavedení nové součásti do výroby na CNC (computer numerical control) strojích vyžaduje nespočet pochodů a dat. Nejdůležitějším podkladem k samotné realizaci výroby je NC (numerical control) program, který promítá dráhy nástrojů, technologické podmínky aj. do CNC stroje. Samozřejmým doprovodem NC programu se musí stát i patřičná a úplná výrobní dokumentace. Výrobních dokumentů existuje celá řada a dělí se dle svého účelu.

Patřičným výrobním dokumentem je výrobní postup, který může být různě podrobný, záleží především na složitosti a množství vyráběných součástí. Nejpodrobnější výrobní postup se nazývá návodka pro obrábění (obrázkový výrobní postup). Návodka podrobněji seznamuje s operacemi výrobního procesu, které doprovází jejich ilustrace. Podrobně vytvořená návodka pro obrábění eliminuje vznik nepřesností a nehod při výrobě, kde nejdůležitější bod tvoří správné znázornění upínání dílce do stroje a vyznačení polohy souřadnicového systému.

Ve výčtu potřebných výrobních dokumentů by neměly chybět ani seřizovací listy nástrojů, především používají-li se při výrobě složitější nástrojové sestavy. Seřizovací list nástrojů blíže specifikuje použité nástroje, uvádí jejich označení, jejich části, rozměry, číslo v NC programu aj.

Tato bakalářská práce si klade za cíl rozebrat stávající řešení programů v oblasti automatizovaného generování výrobních dat pro CNC stroje, konkrétně pak generování vybrané výrobní dokumentace v návaznosti na postprocessor. Pod řešenou výrobní dokumentaci spadají návodky pro obrábění a seřizovací listy nástrojů.

Rozbor stávajících řešení se následně uplatní ve vlastním řešení, kde je cílem zpracovat vlastní funkce v prostředí CAM (computer aided manufacturing) systému Siemens NX, určené pro tvorbu řešených výrobních dokumentů s napojením na postprocessor.

Vznikne samostatná funkce v prostředí CAM systému Siemens NX, která bude automaticky generovat návodku pro obrábění a seřizovací listy nástrojů nezávisle či spolu s NC programem. Provázáním tvorby těchto doprovodných výrobních dokumentů s generováním NC programu se poukazuje na jejich souběžnost ve výrobním procesu.

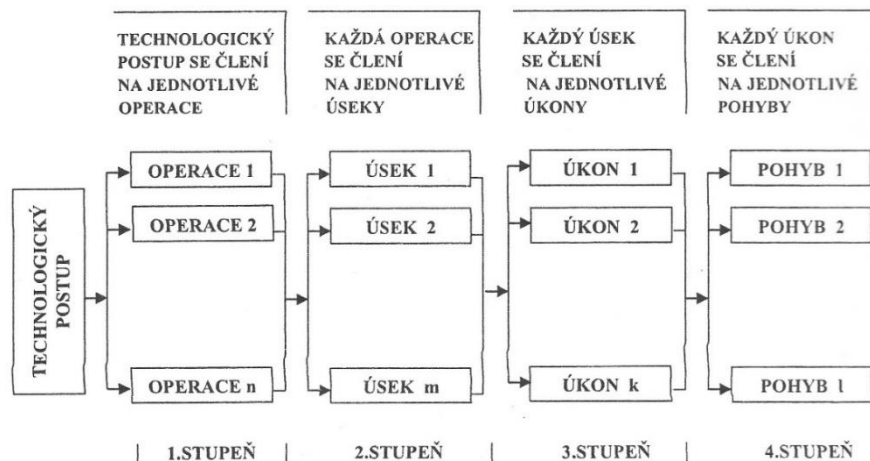
2. Výrobní proces a jeho náležitosti

Strojírenské výrobní závody realizují **výrobní proces**, ten obsahuje řadu na sobě závislých a organizovaných pochodů, které vedou k přeměně výchozího materiálu v součást nebo hotový výrobek. Mezi tyto pochody řadíme výrobu polotovaru či dovezení již hotového polotovaru, mechanické zpracování polotovaru v součást, povrchové úpravy a tepelné zpracování, manipulaci a dopravu součástí, skladování v meziskladech. V neposlední řadě jsou součástí těchto pochodů mezioperační nebo finální kontroly přesnosti a jakosti vyráběných součástí, popřípadě přezkoušení předepsaných materiálových vlastností dodaného výchozího materiálu. Závěrem se může pokračovat montáží součástí v hotový výrobek. Celý proces se zakončí konečnou úpravou, např. zakonzervováním součásti nebo výrobku, a uskladněním v expedičním skladu či expedicí.[1]

2.1 Výrobní postup

Celý výrobní proces je popsán jako plán ve **výrobním postupu**. Obsah a podrobnost **výrobního postupu** souvisí s náročností, druhem výroby daných součástí, rozsahem kvalifikace obsluhy a způsobu provedení.[1]

K dosažení kvalitativních a ekonomických požadavků na výrobu součástí se ve strojírenské výrobě klade důraz na komplexnost a vysokou úroveň výrobních postupů. Z toho důvodu se výrobní postup člení na jednotlivé **operace-úseky-úkony-pohyby**. Členění a závislosti těchto jednotlivých stupňů jsou vyobrazeny na obr. 2.1. [2]



Obr. 2.1 Členění výrobního (technologického) postupu [2]

Operace je spojitá a ukončená část výrobního procesu, prováděná na jednom nebo více stejných dílců u jednoho pracoviště nebo jedním strojem. Operaci vykonává jeden pracovník, popř. skupina pracovníků. Tato část je charakterizována stejným výrobním cílem. [1, 2]

Úsek je část operace, při které se vykonává práce na jedné ploše nebo skupině ploch dílce za dodržení stejných technologických podmínek. Práce se provádí jedním nástrojem, popř. více nástroji současně. Při soustružení budou dva úseky jedné operace například hrubování a soustružení na čisto. [1, 2]

Úkon je jednoduchá pracovní činnost úseku, organizačně neoddělitelná. Jedná se o spuštění stroje, upnutí a vyjmutí dílce atd. Řadí se zde i např. vlastní obrábění, tj. odebírání třísky, to nazýváme hlavním úkonem, při kterém se realizuje předepsaná práce. Ostatní úkony nazýváme vedlejšími. [2]

Pohyb je nejjednodušší a nejmenší část pracovní činnosti, popisována především v hromadné výrobě a u montážních prací. [2]

Komplexní výrobní postup musí obsahovat: [2, 3]

- Rozměry polotovaru
- Počet vyráběných kusů
- Sled jednotlivých operací včetně popisu práce
- Technologické podmínky, popřípadě strojní čas jednotlivých operací
- Specifikace jednotlivých operačních rozměrů
- Výrobní prostředky
 - Výrobní zařízení, přípravky, nástroje a měřidla – zpravidla v pořadí v jakém jsou použity
- Vhodné technologické základny
- Požadavky na bezpečnost a hygienu práce (ochranné pomůcky, kryty atd.)
- Podklady pro cenové a materiálové kalkulace

Výrobní postupy dělíme dle jejich propracovanosti: [1]

- Jednoduchý (razítkový) výrobní postup – uvádí se pro kusovou výrobu, často pouze na rubu výrobního výkresu součásti. Zde se však vyžaduje vysoká kvalifikace obsluhy.

- Podrobný výrobní postup (průvodka) – uvádí se pro malosériovou výrobu a popisuje jednotlivé úseky
- **Návodka (obrázkový výrobní postup)** – uvádí se především pro sériovou a hromadnou výrobu. Podrobněji doplňuje průvodku. Návodka se užívá také v případě výroby složitějších součástí.

2.2 Výrobní dokumentace a způsoby její tvorby

Výrobní dokumentace je základním a důležitým podkladem při tvorbě nové součásti, popřípadě hotového výrobku. Vytvořením úplné a kvalitní výrobní dokumentace eliminujeme riziko vzniku zmetků a nehod při výrobě součástí. Výrobních dokumentů existuje celá řada a dělí se dle svého účelu. Způsob rozdělení je patrný z tabulky 2.1, kde se uvádí ke každému typu dokumentu příklady.

Tab. 2.1 Dělení výrobních dokumentů dle účelu [1, 2]

Výrobní dokumenty	Specifikace využití	Příklady
Základní	Zpracování technologických procesů a operací	<ul style="list-style-type: none"> • Výrobní postup (návodka pro obrábění) • Montážní rozpiska • Návodka pro tepelné zpracování • Návodka pro povrchovou úpravu • Technologický list (svařovací postup) • List technologického postupu kontroly výrobků
Pomocné	Příprava a realizace technologických procesů	<ul style="list-style-type: none"> • Seřizovací list nástrojů • Strojní karty strojů a zařízení • Materiálový list • Soupiska technologických dokumentů

Z tabulky 2.1 vyplývá, že výrobních dokumentů existuje celá řada a problematika tvorby je značně rozsáhlá. Tato bakalářská práce se však zaměřuje pouze na tvorbu návodků pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů, které popisují následující kapitoly.

Výše zmíněnou výrobní dokumentaci (Tab. 2.1) lze vytvářet dvěma způsoby a záleží na výrobním závodu, jakou variantu zvolí. Musí se zde klást zřetel na složitost, sériovost a různorodost výroby. Způsoby jsou následující:

- **Manuálně:** ručně psané, psané pomocí textových programů MS Word, Excel
- **Automatizovaně:** CAM a jeho nadstavby, samostatný software (MONACO, HSi4M aj.)

Právě způsob řešení automatizovaného vytváření **seřizovacích listů a návodek pro obrábění** je předmětem této bakalářské práce.

2.3 Návodka pro obrábění

Návodka má za úkol podrobně seznámit s operacemi výrobního procesu. Popisuje jednotlivé úseky a úkony, rozpracované až na pracovní pohyby, ty doprovází jejich ilustrace. K jednotlivým úsekům je nutné specifikovat technologické podmínky, výrobní zařízení, rezné nástroje, upínací a měřicí nářadí. K jednotlivým operacím je pak důležité uvést správné upínání a polohu souřadného systému polotovaru/obrobku ve stroji. [2]

Cílem podrobně propracované návodky je eliminace vzniku zmetků a nehod při výrobě součástí velkých rozměrů a hmotností nebo tvarově složitých součástí. Důležitý bod v návodce tvoří správné upínání a přeupínání polotovaru/obrobku do stroje, je nutné znát polohu souřadnicového systému polotovaru/obrobku ve stroji, aby nedošlo ke kolizím nástroje a upínacích přípravků, výrobě zmetků aj. Užití návodky pro obrábění dává smysl především také v sériové a hromadné výrobě, kde pak není nutná vysoká kvalifikace obsluhy. [3] Příklad manuálně vytvořené návodky pro obrábění se nachází v příloze č .1.

2.4 Seřizovací listy nástrojů

Důležitou součástí výrobní dokumentace jsou také **seřizovací listy nástrojů**, především pak používá-li se při výrobě složitá nástrojová sestava. Příklad složitější nástrojové sestavy rohové frézy, jejíž správné sestavení a specifikace se musí v seřizovacím listu

nástrojů uvést, zobrazuje obrázek 2.2. Nástrojová sestava se skládá z upínacího držáku, prodlužovacího mezikusu a nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. [6]



Obr. 2.2 Složitější nástrojová sestava rohové frézy [6]

Seřizovací listy nástrojů shrnují použité nástroje a jejich parametry, které se v daném výrobním procesu použily.[2] Určují označení nástroje v NC programu, typové označení nástroje, případně jeho břitových destiček, prodlužovacího mezikusu nástroje a držáku nástroje. K jednotlivým nástrojům a jejich součástím se uvádí jejich rozměry, úhly, poloměry a technologické parametry, které jsou doprovázeny výkresy.

K nástroji se může připojit i komentář od technologa, např. použití nástroje pro lepší orientaci obsluhy. Může se zde také vypsát a specifikovat upínací nářadí nástrojů a obráběných dílců, není-li toto vybavení univerzální nebo standardní pro dané pracoviště, pak stačí pouze slovně uvést dané nářadí v operaci, kde je použito (např. univerzální sklíčidlo). V seřizovacích listech nástrojů se specifikuje také použité měřicí nářadí pro kontrolu součástí s jejich rozsahy a přesností. [4, 5]

3. Software pro podporu přípravy výroby

Vysoká koncentrace konkurenčního prostředí v oblasti strojírenské výroby nutí konstruktéry a technology pracovat na nových řešeních rychle, efektivně, hospodárně a s vysokým důrazem na kvalitu. Strojírenským závodům pomáhá řešit tuto složitou situaci počítačem integrovaná výroba CIM (computer integrated manufacturing). Samozřejmostí v těchto aspektech by také mělo být užití počítačem řízených obráběcích strojů, dostatečně kvalifikovaná obsluha stroje a odborný technolog programátor. [5]

3.1 Počítačem integrovaná výroba

CIM, tedy počítačem integrovaná výroba, zahrnuje použití informační technologie ve všech výrobních činnostech od návrhu, výroby, až po expedici hotového výrobku. **CIM** v sobě obsahuje všechny moduly od CAD (computer aided design), přes CAM, CAE (computer aided engineering), až po další důležité moduly jako je CAA (computer aided assembly) aj. [5]

3.2 Počítačem podporované projektování

CAD, počítačem podporované projektování, má za úkol zjednodušit tvorbu konstrukčního návrhu nové součásti, způsobem interaktivního modelování její geometrie a rozměrů. Tvorbu geometrie součásti umožňuje matematický popis objektu. Geometrie součásti se tvoří buď v rovině 2D nebo v 3D prostoru, kde výsledný model má pak identický tvar se skutečnou součástí. Výstupem jsou pak modely součástí, popřípadě jejich sestavy a výkresy, které slouží jako další podklady pro výrobu. [5]

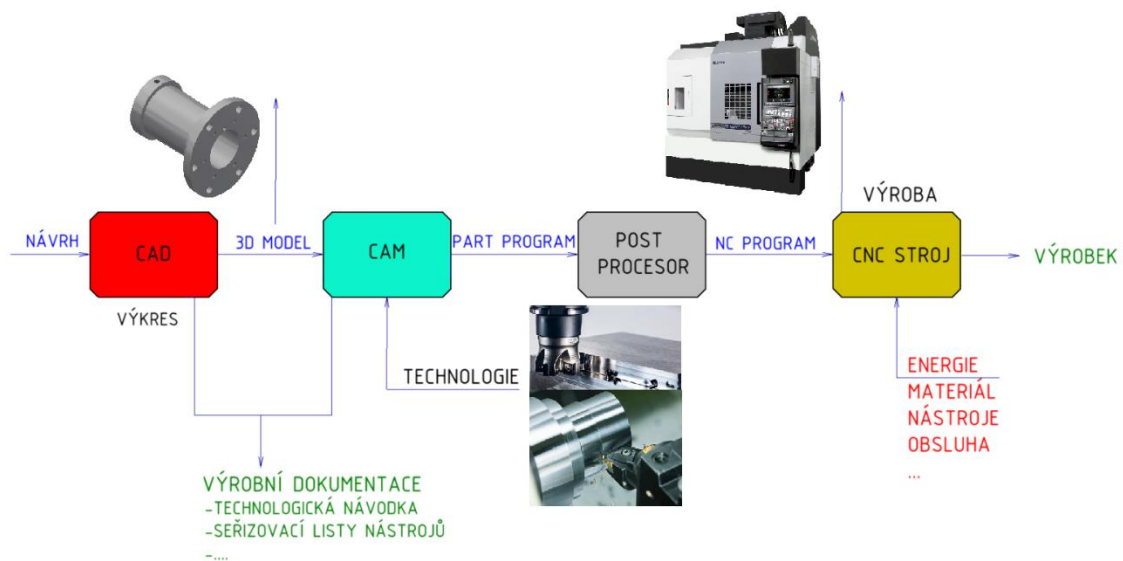
3.3 Počítačem podporované inženýrství

CAE, v překladu počítačem podporované inženýrství, dále pracuje s daty z CAD návrhu. Zkoumá navrženou součást v jejích pracovních podmínkách, díky čemuž se předchází chybám v návrhu. Součásti lze simulovat jako statické, ale také lze zkoumat jejich kinematiku a dynamiku. Mimo jiné CAE systémy zahrnují metodu konečných prvků, výpočty přenosu tepla aj. [5]

3.4 Počítačem podporovaná výroba

CAM neboli počítačem podporovaná výroba. **CAM** systémy tvoří podklady pro výrobu na číslicově řízených strojích. Zde se využívají importovaná data z CAD systémů, na kterých se následně pomocí **CAM** systémů simulují jednotlivé operace výroby součástí. Probíhá simulace drah nástrojů, výrobních zařízení a jejich technologických podmínek při těchto operacích. Následně je vygenerován NC kód pomocí zvoleného postprocesoru, pro řízení CNC strojů. Samozřejmostí je import dat ohledně použitých nástrojů a výrobních zařízení do daného CAM systému.[5]

Postprocesor zpracovává informace již s ohledem na NC stroj, jeho řídicí systém a pracovní možnosti. Všechny simulace vytvořené pomocí **CAM** systému, jako jsou dráhy nástrojů, technologické podmínky aj., jsou převedeny do NC kódu daného stroje. [5] Schéma výroby součástí pomocí CAD a CAM systémů je patrné z obrázku 3.1.



Obr. 3.1 Schéma výroby součástí pomocí CAD a CAM systémů [5]

3.5 Software pro automatizovanou tvorbu výrobní dokumentace

Důležitost výrobní dokumentace ve strojírenské výrobě byla již popsána výše. Výrobní dokumentace může být značně obsáhlá, především pak při výrobě složitých dílců a v případě hromadné a sériové výroby.

Vytvoření výše zmíněných seřizovacích listů a návodky pro obrábění nemusí být tedy vůbec snadné, a jedná se o časově náročný proces. Snaha tento proces automatizovat eliminuje jeho náročnost a usnadňuje tak zavedení výroby nové součásti.

Vytvoření NC programu pomocí CAM systému práce na výrobě nové součásti nekončí. Dle schématu na Obr. 3.1 můžeme udělat pomyslnou odbočku přímo z CAM a CAD systému a rovnou vytvořit jejich pomocí zmíněnou výrobní dokumentaci, především pak **návodky pro obrábění a seřizovací listy nástrojů**. Tuto výrobní dokumentaci lze vygenerovat ať už pomocí samotných funkcí CAM systémů nebo pomocí nadstavbových modulů.

Existuje zde však i řada samostatných podpůrných programů, které na základě importu dat z CAD a CAM systému zvládnou do jisté míry vygenerovat výrobní dokumentaci.

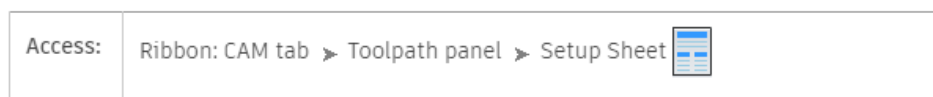
3.5.1 Současné funkce CAM systémů

CAM systémy obsahují mnoho zabudovaných podpůrných funkcí. Jednou z nich je právě funkce sloužící pro automatické vytvoření **návodek pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů**. CAM systémy mohou tyto výrobní dokumenty generovat buď separátně, nebo dohromady, záleží na konkrétních řešeních jednotlivých CAM systémů.

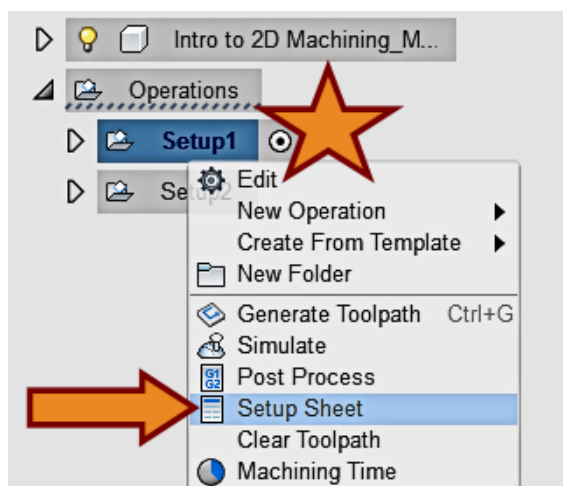
Výrobní dokumentace se často vytváří ve všech CAM systémech podobně, bez ohledu na to, který si zvolíme. Postup úpravy výchozích šablon se však může lišit. Odstavce níže popisují postupy ve vybraných CAM systémech.

Výrobní dokumentace v CAM systému Autodesk Fusion 360

Pro vytvoření **návodky pro obrábění** v CAM systému **Autodesk Fusion 360** slouží funkce Setup Sheet, která se nachází v horní liště pod záložkou **CAM** → **Toolpath panel** → **Setup Sheet** (Obr. 3.2) [8], popřípadě pomocí kliknutím pravého tlačítka na operaci/úsek a následně se zvolí Setup Sheet (Obr. 3.3). [9]



Obr.3.2 Lokace funkce Setup Sheet CAM systému Autodesk Fusion 360 [8]



Obr. 3.3 Alternativní lokace funkce Setup Sheet CAM systému Autodesk Fusion 360 [9]

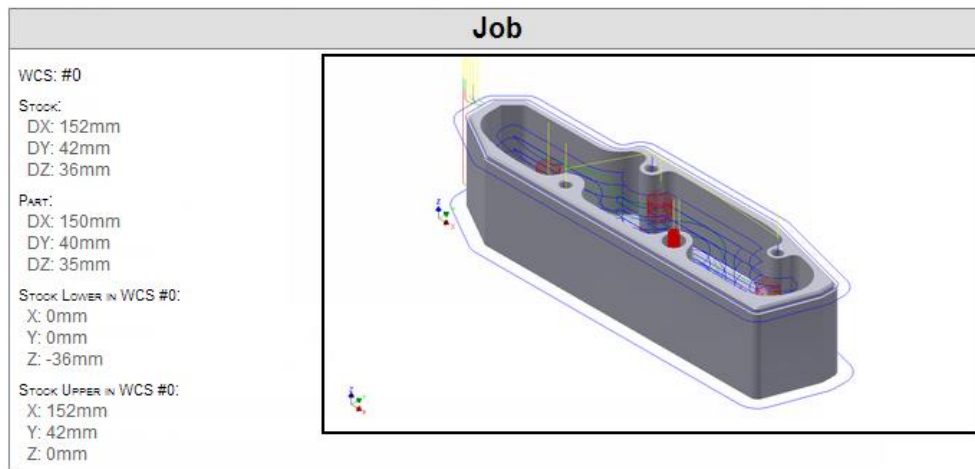
Na obrázku 3.3 je vidět, že záleží, zda se označí celá operace, nebo pouze některé úseky. Návodka se pak vytvoří pouze pro označené operace/úseky. V postupu na obrázku 3.3 by se tedy vygenerovala návodka pro operaci s názvem Setup1.[8]

Před samotným voláním této funkce je důležité si správně nastavit pohled na součást, neboť tento pohled se vyfotí do následně vytvářené technologické návodky a slouží zde jako obraz vzhledu součásti a drah nástrojů. [8]

Po zavolání této funkce se program zeptá na cílovou složku, kam se návodka má uložit. Následně se vygenerovaná návodka otevře v novém okně webového prohlížeče, neboť je ve formátu *.htm, *.html. Vzhled návodky pro obrábění z programu Autodesk Fusion 360 se nachází v příloze č. 2. [8]

Z přílohy č. 2 je patrné, že CAM systém Autodesk Fusion 360 vytváří **návodku pro obrábění a seřizovací list nástrojů** dohromady v jednom souboru. V horní části souboru se nalézá obrázek součásti s vyznačenými dráhami nástrojů a souřadnicovým systémem pro danou operaci (Obr. 3.4). Vedle obrázku se nachází jednotlivé rozměry v souřadnicovém systému (Obr. 3.4). Níže se pak vytvořil seřizovací list operace, což je shrnutí dané operace, konkrétně pak například počet úseků, počet nástrojů a jejich název v NC programu, maximální otáčky vřetene, maximální posuv aj. (Obr. 3.5). Zbytek souboru se pak věnuje podrobněji jednotlivým úsekům, kde jsou specifikovány technologické podmínky. Sloupce vedle technologických podmínek pak slouží jako stručný seřizovací list nástrojů, ty specifikují parametry nástrojů pro dané úseky.

Tyto sloupce uvádí obrázky nástrojů, držáky nástrojů, počet zubů nástroje a některé z rozměrů nástrojů. Příklad k jednomu z úseků je uveden na obrázku 3.6. [8]



Obr. 3.4 Součást s vyznačenými dráhami nástrojů a popsány rozměry v souřadnicovém systému [8]

Total
NUMBER OF OPERATIONS: 8
NUMBER OF TOOLS: 8
TOOLS: T3 T5 T11 T33 T34 T43 T50 T60
MAXIMUM Z: 15mm
MINIMUM Z: -36mm
MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm
CUTTING DISTANCE: 6770.37mm
RAPID DISTANCE: 855.96mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 11m:36s

Obr. 3.5 Seřizovací list operace [8]

Operation 1/8			
DESCRIPTION: 2D Contour2	MAXIMUM Z: 15mm	T3 D3 L3	
STRATEGY: Contour 2D	MINIMUM Z: -36mm	TYPE: flat end mill	
WCS: #0	MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min	DIAMETER: 10mm	
TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm	LENGTH: 50mm	
STOCK TO LEAVE: 0mm	CUTTING DISTANCE: 809.92mm	FLUTES: 3	
MAXIMUM STEPOVER: 9.5mm	RAPID DISTANCE: 89.24mm	HOLDER: BT40 - B4C4-0016	
	ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:5s (9.3%)		
	COOLANT: Flood		

Obr. 3.6 Popis prvního úseku operace spolu s použitým nástrojem [8]

Bohužel šablonu, dle které se tvoří výše zmíněná výrobní dokumentace, nelze upravit. Je možné upravovat pouze již vygenerovanou dokumentaci pomocí textových editorů, jako jsou např. MS Excel, MS Word. [10]

V CAM systému Autodesk Fusion 360 je však možné vytvořit si vlastní šablonu vytvořením algoritmu v souboru s příponou *.cps, kde se definují všechny potřebné výstupní proměnné do výrobní dokumentace. Příklady definovaných proměnných

pro nástroje jsou na obrázku 3.7. Následně se musí vytvořit soubor aplikace MS Excel s příponou *.xlsx, tam se do buněk vloží odkazy na proměnné ze souboru *.cps, to se realizuje pomocí symbolu \$. Tento soubor s příponou *.xlsx se následně propojí se souborem *.cps, příkazem přímo uvnitř tohoto souboru *.cps. Dokumentace se pak generuje pomocí funkce postprocesoru, dle obrázku 3.8. [10,11].

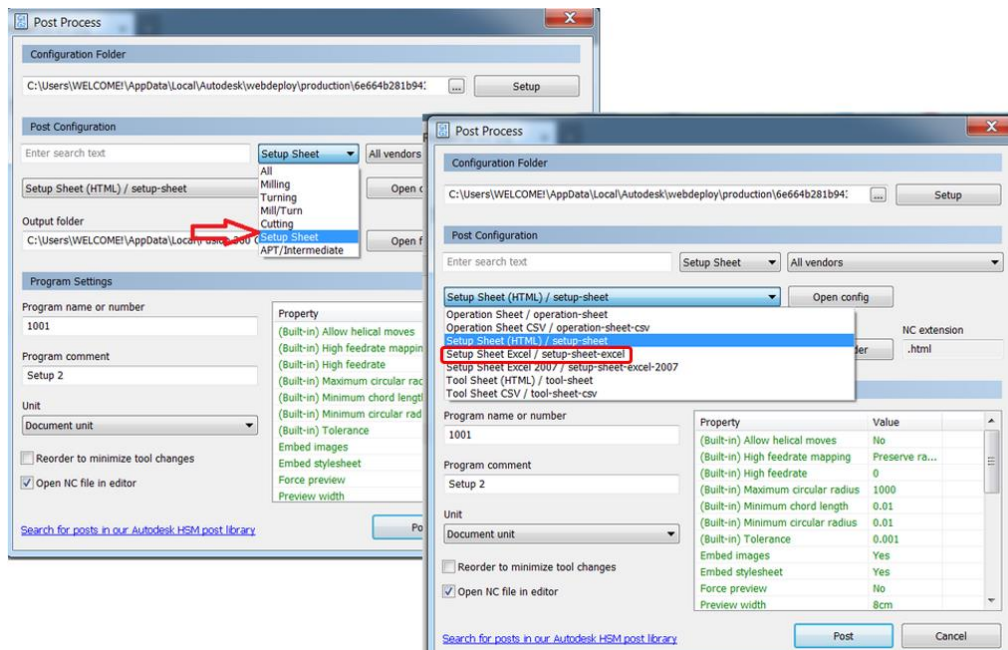
```

var record = {
    "number": tool.number,
    "diameterOffset": tool.diameterOffset,
    "lengthOffset": tool.lengthOffset,
    "diameter": tool.diameter,
    "cornerRadius": tool.cornerRadius,
    "taperAngle": toDeg(tool.taperAngle),
    "fluteLength": tool.fluteLength,
    "shoulderLength": tool.shoulderLength,
    "bodyLength": tool.bodyLength,
    "numberOfFlutes": tool.numberOfFlutes,
    "type": getToolTypeName(tool.type),
    "maximumFeed": maximumFeed,
    "maximumSpindleSpeed": maximumSpindleSpeed,
    "cuttingDistance": cuttingDistance,
    "rapidDistance": rapidDistance,
    "cycleTime": formatTime(cycleTime),

    "minimumZ": minimumZ,
    "maximumZ": maximumZ,

    "description": tool.description,
    "comment": tool.comment,
    "vendor": tool.vendor,
    "productId": tool.productId,
    "holderDescription": tool.holderDescription,
    "holderComment": tool.holderComment,
    "holderVendor": tool.holderVendor,
    "holderProductId": tool.holderProductId
};
    
```

Obr. 3.7 Proměnné pro výstup parametrů nástrojů [11]



Obr. 3.8 Tvorba výrobní dokumentace funkcí postprocesoru v Autodesk Fusion 360 [16]

Sám Autodesk má na svém webu <http://www.autodesk.com> k dispozici šablonu, díky které toto jde realizovat, a poskytnutá šablona může sloužit jako výchozí soubor pro uživatelskou úpravu. Samozřejmostí je jak úprava struktury, fontů, textových částí, obrázků, tak i úprava proměnných. Pro definování či změnu proměnných však musí být uživatel zdatný v programování a struktuře CAM systému Autodesk Fusion 360. Soubor *.xlsx, který slouží jako šablona pro tvorbu návodky pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů je k dispozici v příloze č. 3. Struktura šablony opět vypadá tak, že se oba výrobní dokumenty vygenerují současně, nyní však každý na jednotlivém listu excelovského sešitu. Šablona je dostupná v odkaze na citovaný zdroj č. 10. [10]

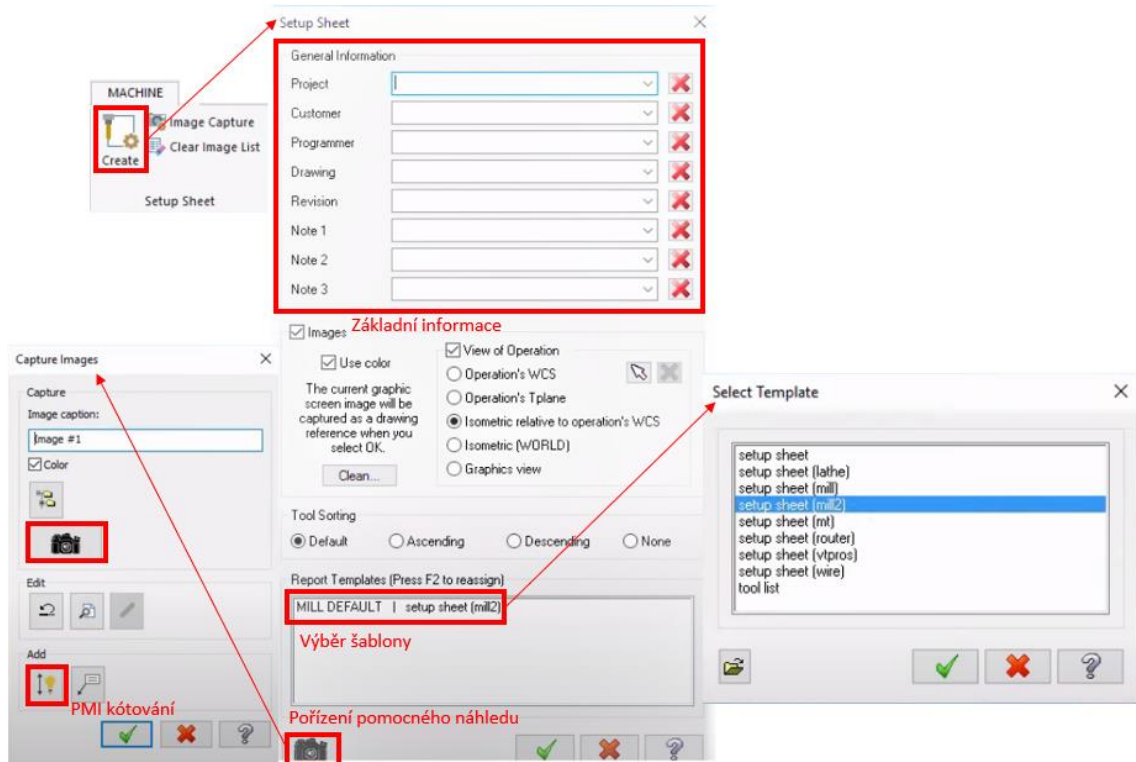
Výrobní dokumentace v CAM systému Mastercam

Metodika tvorby výrobní dokumentace v prostředí CAM systému Mastercam vypadá obdobně jako v CAM systému Autodesk Fusion 360. V prostředí CAM systému Mastercam se zvolí záložka MACHINE a následně se vybere Create (Obr. 3.9, nahoře). Nyní je možné zadat základní informace ohledně výroby jako název projektu, číslo výkresu aj. (Obr. 3.9, nahoře). [17]

Po zadání všech vyžadovaných informací lze níže vpravo nastavit, v jakém souřadnicovém systému, a jakým způsobem se bude zobrazovat dílec a dráhy nástrojů v jednotlivých úsecích uvnitř návodky pro obrábění (Obr. 3.9, uprostřed). [17]

Ve spodní části je pak žádoucí zvolit, dle které šablony se výrobní dokumentace vygeneruje, ty se liší v závislosti na použité technologii (frézování, soustružení aj. - Obr. 3.9, vpravo). [17]

V poslední části, než se aktivuje zelený symbol OK, uživatel může zachytit pohled na součást dle libosti. Níže v dialogovém okně Capture Images se dá dílec manuálně opatřit PMI (product and manufacturing information) kótami (Obr. 3.9, dole vlevo). Tento obrázek však neslouží jako základní náhled v návodce pro obrábění, zobrazí se až za vygenerovanou dokumentací, a slouží spíše jako zvýraznění některých problematických míst při obrábění. Základní pohled se vytvoří automaticky, dle aktuálního pohledu na součást v prostředí Mastercamu. [17] Takto vytvořenou výrobní dokumentaci lze vidět v odkaze na video z citovaného zdroje č.17.



Obr. 3.9 Postup vytváření výrobní dokumentace v Mastercam [17]

Šablony pro vytváření výrobní dokumentace v prostředí Mastercam lze také modifikovat. Mastercam obsahuje samostatnou aplikaci Active Reports Designer, v jejímž prostředí se realizuje úprava/tvorba šablon, které se pak zobrazí v nabídce na obrázku 3.9 vpravo dole. [18]

Jednoduše se otevře v tomto prostředí šablona, kterou chceme upravit. Šablony se nachází v adresáři ...\\shared_mcamx8\\common\\reports\\SST. Prostor úpravy je přehledně uspořádáno a uživatel si může přizpůsobit jak textové části, tak buňky s parametry, kde v horní liště se nachází ikona s nápovědou. V této nápovědě uživatel nalezne celou knihovnu parametrů i s jejich popisem. [18] Obecně je tato metodika úpravy šablon velice intuitivní a více jí přibližuje odkaz na video z citovaného zdroje č. 18.

3.5.2 Současné softwarové nadstavby pro CAM systémy

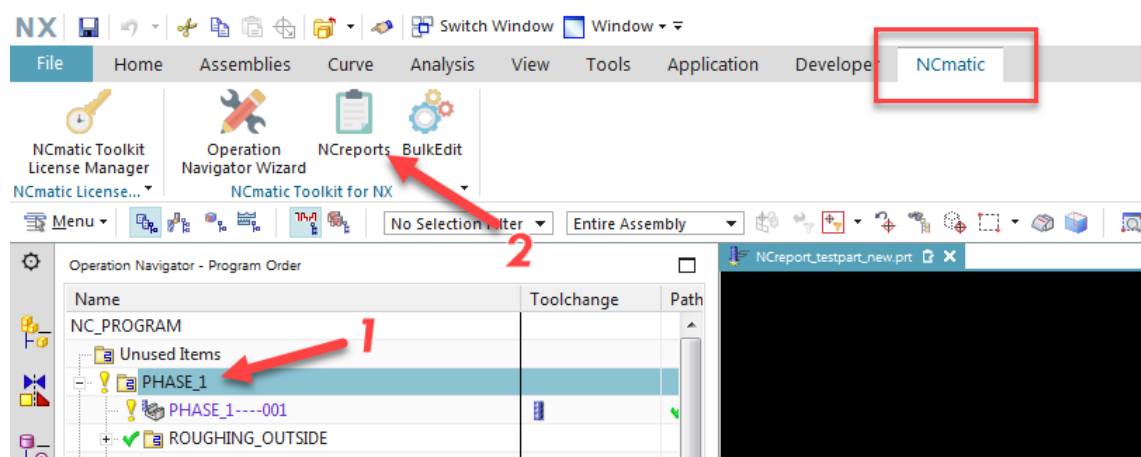
Kromě samotných funkcí CAM systémů, rozebraných v kapitole výše, existují nadstavbové moduly k těmto programům. Tyto moduly se snaží vnést nové možnosti specifických řešení v oblasti tvorby výrobní dokumentace.

Snaží se zjednodušit tvorbu a modifikaci výrobní dokumentace pro širší spektrum použití a implementují nové možnosti, jako jsou například přehlednější obrázkové dokumentace či import výkresu součásti do návodky pro obrábění.

NCreports

NCreports slouží jako nástroj pro vytváření výrobní dokumentace v CAM systému Siemens NX. NCreports se zaměřuje právě na tvorbu návodků pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů, dále je možné vygenerovat seřizovací list operace, ten slouží jako shrnutí důležitých bodů dané operace. Všechny tyto dokumenty uvádí příloha č. 4. [13]

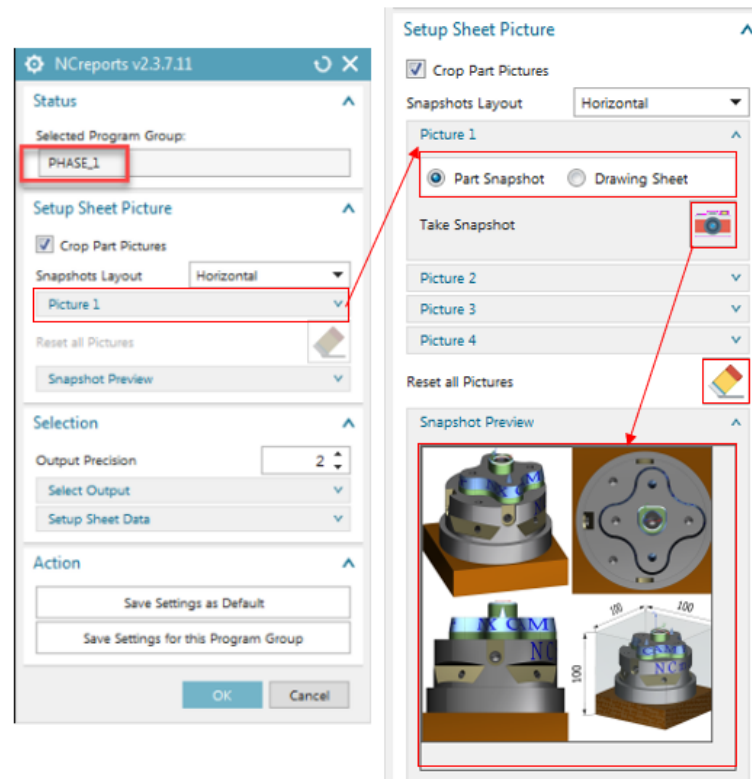
Po nainstalování tohoto nástroje se funkce NCreports schovává pod stejnojmennou ikonou v prostředí CAM systému Siemens NX. Stejně jako u ostatních funkcí CAM systémů je zapotřebí označit operaci, pro kterou chceme výrobní dokumenty vytvořit, postup znázorňuje obrázek 3.10. [14]



Obr. 3.10 Volání funkce NCreports [14]

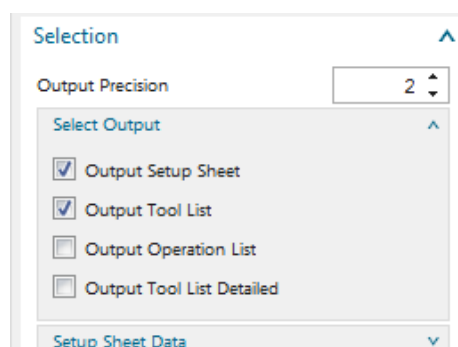
Po zavolání této funkce se zobrazí konfigurační okno (Obr. 3.11). V sekci Setup Sheet Picture se pak mohou po rozbalení záložky Picture 1 navolit náhledy součástí, které se zobrazí v seřizovacím listu operace, to se realizuje pomocí ikony kamery znázorněné

na obrázku 3.11. Uživateli se dovoluje udělat až 4 náhledy součásti, zaškrtnutím možnosti Drawing Sheet je pak možné zde zahrnout i náhled výkresu součásti. Náhledy se pak promítají v záložce Snapshot Preview. Pokud náhledy nevyhovují, lze je odstranit pomocí ikony gumy nebo opětovným kliknutím na ikonku kamery, čímž se vytvoří nový náhled součásti. Zaškrtnutím možnosti Crop Part Pictures se pak odstraní veškeré pozadí součásti. Prostředí a tyto postupy znázorňuje obrázek 3.11. [14]



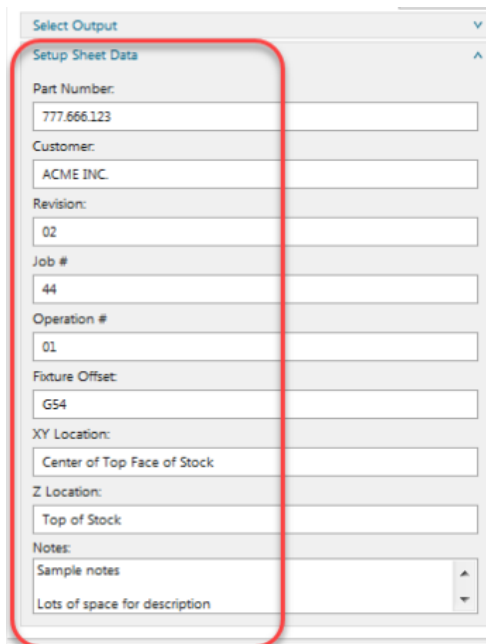
Obr. 3.11 Konfigurační okno NCreports [14]

V sekci Selection, rozbalením záložky Select Output, lze následně navolit, které výrobní dokumenty se mají vytvořit. Zaškrtnutím všech se dokumenty vygenerují do jednoho *.pdf souboru. Zaškrtnou-li se jen některé, soubory se vytvoří do separovaných *.pdf souborů (Obr. 3.12). [14]



Obr. 3.12 Volba výrobní dokumentace – NCreports [14]

Níže v konfiguračním okně (Obr. 3.11) se nachází záložka Setup Sheet Data. Tam se zavedou všechny informace ohledně dané operace, ty se následně promítnou ve výstupním seřizovacím listu operace (Setup Sheet, příloha č. 4). Všechny zadávané informace jsou patrné z obrázku 3.13. Nahrazení loga ve výstupním dokumentu se realizuje nahrazením stávajícího v adresáři, kam se nainstaloval modul NCreports ...\\NCmatic\application\profiles\UG_APP_MANUFACTURING. [14]



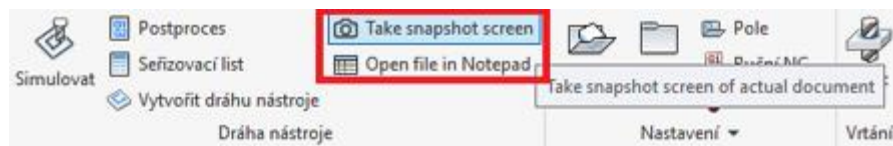
Obr. 3.13 Setup Sheet Data – NCreports [13]

Nyní stačí pouze aktivovat tlačítko OK a zvolené výrobní dokumenty se automaticky vygenerují. [14]

CAD Studio HSM Tools

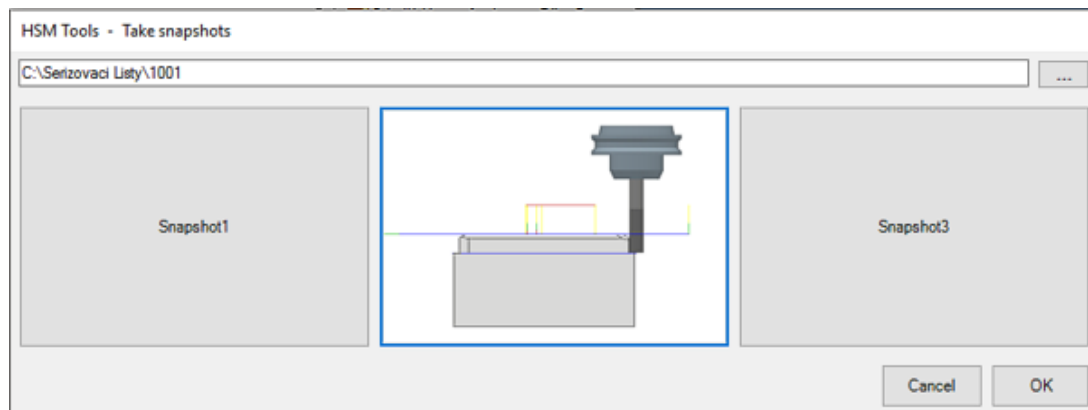
Jedná se o nadstavbovou aplikaci pro CAD systém Autodesk Inventor, ta doplňuje CAM rozšíření, taktéž určené pro CAD systém Autodesk Inventor (HSM, HSM Express). [15]

Mimo jiné doplňuje funkce i právě pro vytváření výrobní dokumentace, která v HSM nadstavbě vypadá identicky jako výchozí výrobní dokumentace, vytvářená v CAM systému Autodesk Fusion 360, ta je popsána v kapitole 3.6.1. Funkce, které HSM Tools nabízí lze vidět na obrázku 3.14. [15, 8]



Obr. 3.14 Funkce HSM Tools [15]

Pod tlačítkem Take snapshot screen se nalézá okno (Obr. 3.15), ve kterém je možné vytvořit náhledy na součást, které se následně promítnou do vygenerované návodky pro obrábění a seřizovacího listu operace. Lze udělat až 6 takovýchto náhledů. Pohled, který se vyfotí jako náhled, se nastavuje klasicky v prostředí Inventoru. [15]



Obr. 3.15 Dialogové okno funkce Take snapshot screen [15]

Funkce Open file in Notepad otevře textový soubor, do kterého se dají vkládat poznámky a ty se zobrazí v dokumentaci. Další možností tohoto prostředí je uložení často používaných poznámek. [15]

Výrobní dokumentace se pak obvykle vytvoří pomocí funkce Setup Sheet, obdobně jako v CAM systému Autodesk Fusion 360. [15]

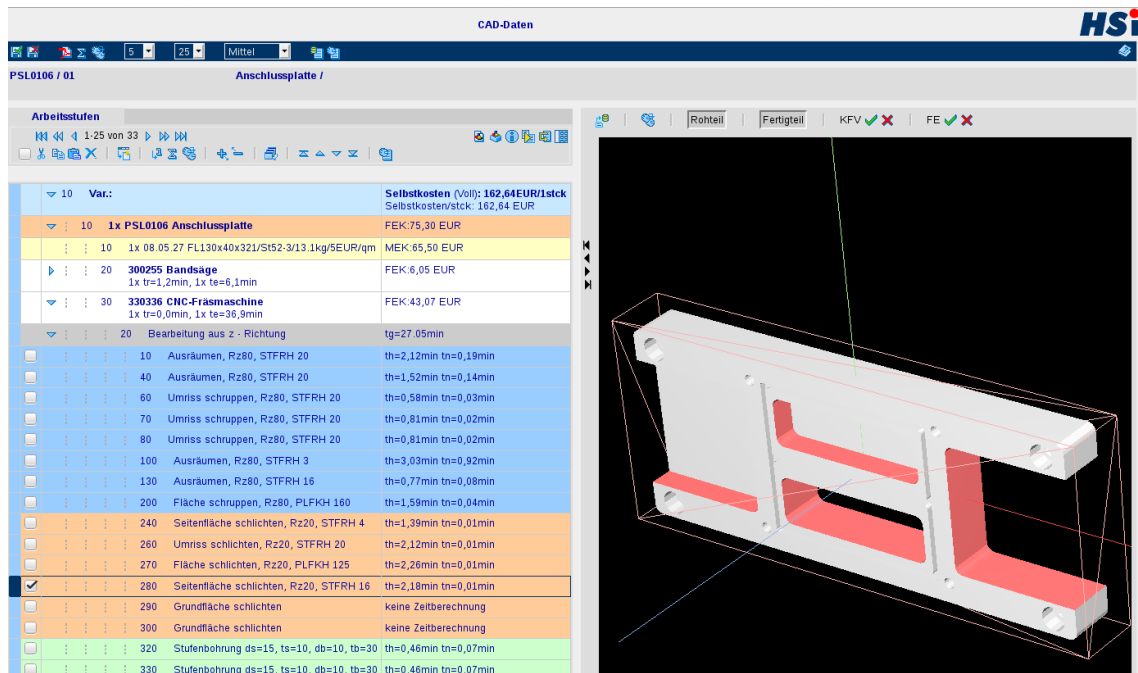
3.5.3 Řešení pomocí samostatného softwaru

HSi4M

HSi4M program se zaměřuje především na kalkulaci strojního času při výrobě součástí, avšak je schopen utvořit i jednoduchý sled operací a jejich úseky. Tento proces se realizuje pomocí importovaných dat z CAD systému. [19]

Nejprve si uživatel zvolí výchozí polotovár a následně si navolí technologie, které chce pro obrábění použít. Tento proces pokračuje importem 3D modelu z CAD systému. Program automaticky vytvoří sled operací a úseků, jako je zobrazeno na obrázku 3.16. [19]

Hrubovací obrábění program vytváří za pomoci porovnávání zvoleného polotovaru a výsledného 3D modelu z CAD systému. Zároveň algoritmus automaticky volí plochy, které vyžadují vyšší kvalitu obrobeného povrchu. Program navíc automaticky vyhodnotí vhodný nástroj právě s ohledem na rozměry, přístupnost, směr obrábění a kvalitu povrchu. V neposlední řadě pak program vypočítá hlavní a vedlejší výrobní časy na základě vytvořených drah nástrojů a technologických podmínek obrábění. [19]



The screenshot displays the HSi4M software interface. On the left, a table lists manufacturing operations (Arbeitsstufen) for a part named 'Anschlussplatte'. The table includes columns for operation number, description, and time. On the right, a 3D CAD model of the part is shown in a perspective view, with red highlights indicating specific surfaces or features.

Var.	Arbeitsstufe	Zeit	Kosten
10	1x PSL0106 Anschlussplatte		FEK: 75,30 EUR
10	1x 08 05 27 FL130x40x321/S152-3/L13.1kg/5EUR/qm		MEK: 65,50 EUR
20	300255 Bandsäge	1x tr=1,2min, 1x te=6,1min	FEK: 6,05 EUR
30	330336 CNC-Fräsmaschine	1x tr=0,0min, 1x te=36,9min	FEK: 43,07 EUR
20	Bearbeitung aus z - Richtung	tg=27,05min	
10	Ausräumen, Rz80, STFRH 20	th=2,12min tn=0,19min	
40	Ausräumen, Rz80, STFRH 20	th=1,52min tn=0,14min	
60	Umriß schrappen, Rz80, STFRH 20	th=0,58min tn=0,03min	
70	Umriß schrappen, Rz80, STFRH 20	th=0,81min tn=0,02min	
80	Umriß schrappen, Rz80, STFRH 20	th=0,81min tn=0,02min	
100	Ausräumen, Rz80, STFRH 3	th=3,03min tn=0,92min	
130	Ausräumen, Rz80, STFRH 16	th=0,77min tn=0,08min	
200	Fläche schrappen, Rz80, PLFKH 160	th=1,59min tn=0,04min	
240	Seitenfläche schlichten, Rz20, STFRH 4	th=1,39min tn=0,01min	
260	Umriß schlichten, Rz20, STFRH 20	th=2,12min tn=0,01min	
270	Fläche schlichten, Rz20, PLFKH 125	th=2,26min tn=0,01min	
280	Seitenfläche schlichten, Rz20, STFRH 16	th=2,18min tn=0,01min	
290	Grundfläche schlichten	keine Zeitberechnung	
300	Grundfläche schlichten	keine Zeitberechnung	
320	Stufenbohrung ds=15, ts=10, db=10, tb=30	th=0,46min tn=0,07min	
330	Stufenbohrung ds=15, ts=10, db=10, tb=30	th=0,46min tn=0,07min	

Obr. 3.16 Sled operací a úseků v programu HSi4M [19]

Hlavní funkcí programu je však výpočet právě strojních časů a ty následně započítává do výsledné kalkulace nákladů na výrobu součásti. [19]

SOFTIP MONACO

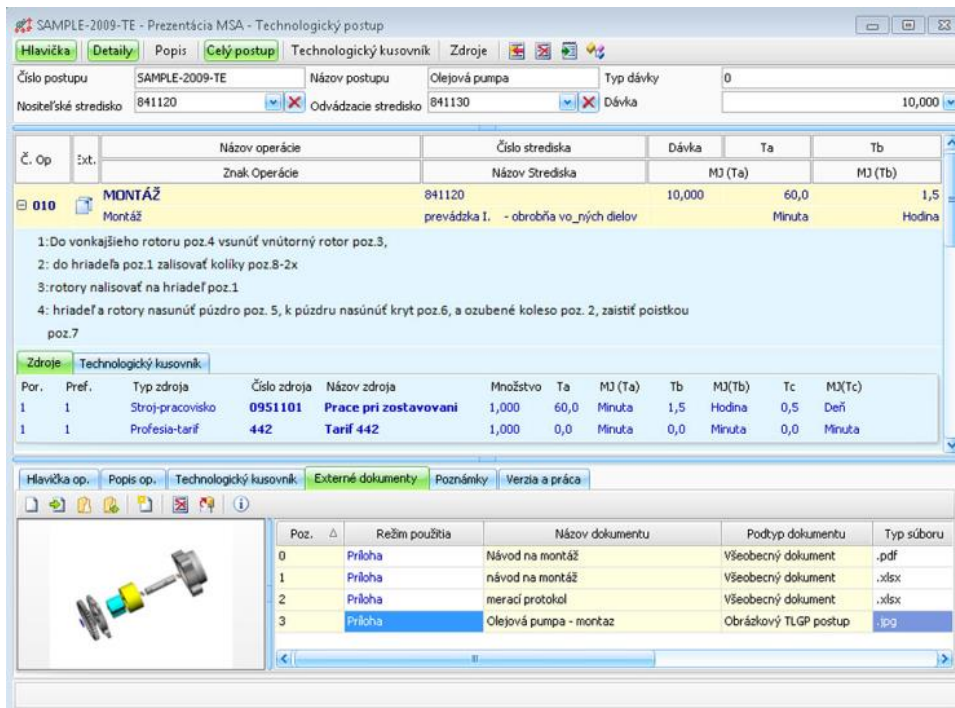
SOFTIP MONACO se zaměřuje na celkové plánování a řízení výroby, avšak slouží také především jako nástroj pro tvorbu a evidenci výrobní dokumentace. [20]

SOFTIP MONACO poskytuje jednotnou správu a evidenci výrobních dokumentů, jako jsou výkresy, výrobní postupy, 3D CAD modely, rozpočty aj., a to na jednom místě.

Usnadnění tvorby výrobní dokumentace v systému SOFTIP MONACO spočívá v schraňování veškerých výrobních dokumentů a informací. Klasifikační moduly tohoto systému pak následně vyhodnocují a hledají podobné součásti, na jejichž základě si uživatel modifikuje dokumentaci novou. [21]

System SOFTIP MONACO se především uplatňuje v tvorbě nabídek. Usnadňuje tedy tvorbu konceptů výrobní dokumentace a následné oceňování výrobků, bez potřeby tvořit podrobnou výrobní dokumentaci. [21]

Na obrázku 3.17 lze vidět prostředí tvorby výrobní dokumentace, zde se ovšem jedná o montážní rozpisků.



The screenshot displays the 'Technologický postup' (Technology Process) window for 'Olejevá pumpa'. The main area shows the assembly steps:

- 1: Do vonkajšieho rotoru poz.4 vsunúť vnútorný rotor poz.3,
- 2: do hriadeľa poz.1 zalisovať kolíky poz.8-2x
- 3: rotory nalisovať na hriadeľ poz.1
- 4: hriadeľ a rotory nasunúť púzdro poz. 5, k púzdro nasunúť kryt poz.6, a ozubené koleso poz. 2, zaistiť poistkou poz.7

Below the steps, there is a table for 'Zdroje' (Sources) and a table for 'Externé dokumenty' (External Documents).

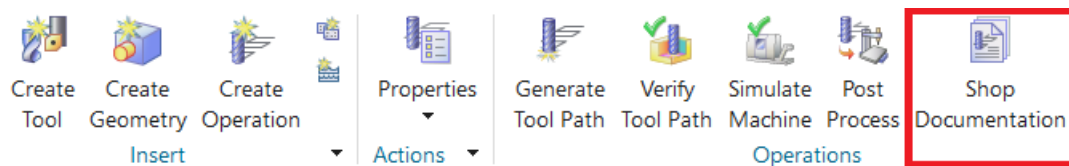
Por.	Pref.	Typ zdroja	Číslo zdroja	Názov zdroja	Množstvo	Ta	MJ (Ta)	Tb	MJ(Tb)	Tc	MJ(Tc)
1	1	Stroj-pracovisko	0951101	Prace pri zostavovaní	1,000	60,0	Minuta	1,5	Hodina	0,5	Deň
1	1	Profesia-tarif	442	Tarif 442	1,000	0,0	Minuta	0,0	Minuta	0,0	Minuta

Poz.	Režim použitia	Názov dokumentu	Podtyp dokumentu	Typ súboru
0	Príloha	Návod na montáž	Všeobecný dokument	.pdf
1	Príloha	návod na montáž	Všeobecný dokument	.xlsx
2	Príloha	merací protokol	Všeobecný dokument	.xlsx
3	Príloha	Olejevá pumpa - montaz	Obrázkový TLGP postup	.jpg

Obr. 3.17 Prostředí tvorby výrobní dokumentace v SOFTIP MONACO [21]

4. Analýza funkcí Siemens NX pro tvorbu výrobní dokumentace

V předchozích kapitolách byly zmíněny funkce a nastavení některých CAM systémů, pomocí kterých lze automaticky vytvořit návodka pro obrábění, popřípadě seřizovací list nástrojů. Samotný CAM systém Siemens NX obsahuje funkci **Shop Documentation** (obr. 4.1) pro automatickou tvorbu zmíněné výrobní dokumentace.



Obr. 4.1 Funkce Shop Documentation v horní liště programu Siemens NX

Siemens NX navíc obsahuje užitečné nástroje, souhrnně označované jako **NX Open**, ty společně vytvářejí prostředí k implementování či tvoření programových nastaveb různého charakteru. Nástroje **NX Open** umožňují uživateli vkládat aplikace třetích stran a automatizovat komplexní nebo často opakované úkony. Mezi takové aplikace se řadí mimo jiné již zmiňovaný nástroj NCReports, tato skutečnost ověřuje využití nástrojů **NX Open** k tvorbě výrobní dokumentace. [27]

Další možnost tvorby výrobní dokumentace otevírá samotná funkce postprocesoru, podobně jako u CAM systému Autodesk Fusion 360. Siemens NX nabízí oddělené graficko-programovací prostředí pomocí aplikace **Post Builder**, která poskytuje uživateli podmínky k tvorbě vlastních postprocesorů. Spojení generování NC programu spolu s další doprovodnou výrobní dokumentací se docílí úpravou či vytvořením specifického postprocesoru pro tyto účely. V prostředí Siemens NX se pak následně tento postprocesor aplikuje na vytvořené operace a nástroje. [28, 29]

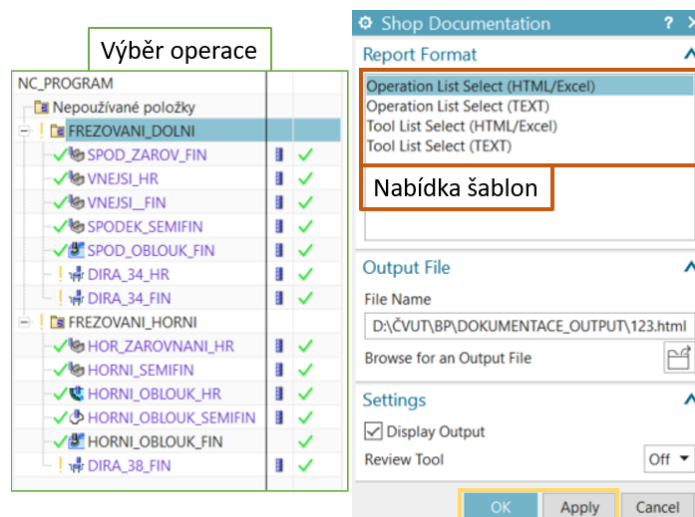
4.1 Shop Documentation

Shop Documentation je základním nástrojem CAM systému Siemens NX pro automatickou tvorbu návodků pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů. **Shop Documentation** nabízí vlastní výchozí šablony pro tvorbu zmíněných výrobních dokumentací (obr. 4.2, přílohy č. 5 a 6).

Šablony ve formátu HTML/Excel (*.html, *.xlsx) se nachází v adresáři ...\\MACH\resource\shop_doc\excel_templates, kde tři tečky značí cestu do adresáře s nainstalovaným programem Siemens NX. Náhled šablon poskytují přílohy č. 5 a 6. Náhled a cesta k šablonám byly zmíněny z důvodu možné editace, uživateli se nabízí možnost vlastní konfigurace vzhledu a vypsaných parametrů (technologické podmínky, užití nástroje, délka vyložení nástroje apod.). Vlastní konfigurace se uskutečňuje pomocí mom proměnných (mom variables), které představují jednotlivé parametry. Editace výchozí šablony však bude jedním z předmětů kapitol vlastního řešení. [7]

Šablony ve formátu TEXT (*.txt) se nalézají na stejné cestě jako šablony HTML/Excel, jen končí v adresáři **shop_doc**. [28] Vlastní konfigurace těchto šablon je však složitější, vzhledem k tomu, že uživatel musí editovat soubor s příponou *.tcl, jehož syntaxe již není natolik intuitivní, jako u šablon ve formátu *.xlsx. Opět se zde pracuje s mom proměnnými.

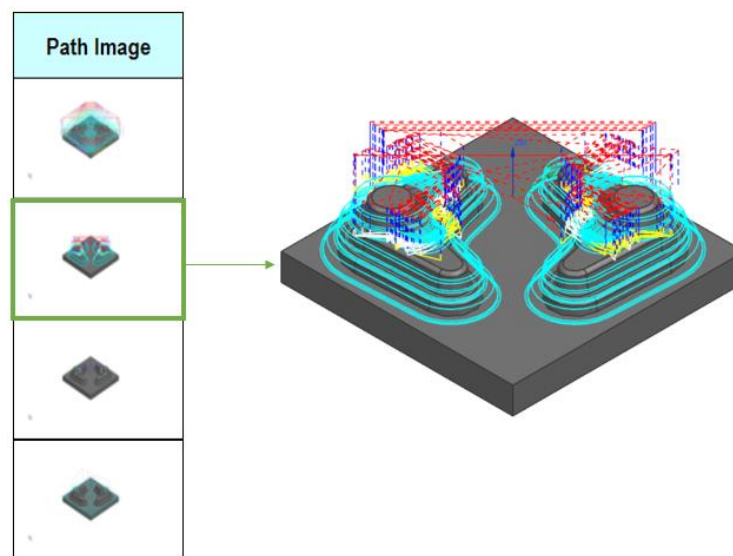
Návodka pro obrábění či seřizovací list nástrojů se automaticky vygeneruje označením operace, pro které se má výrobní dokumentace vytvořit, a zvolením jedné z šablon (Obr. 4.2). Výstupní soubory se pak otvírají ve formátu *.html/*.txt dle zvolené šablony. Výrobní dokumentaci ve formátu *.html lze otevřít pomocí excelu k případné editaci, může se zde například doplnit popis operace. [7]



Obr. 4.2 Postup tvorby výrobní dokumentace pomocí Shop Documentation a nabídka šablon

Při generování návodky pro obrábění se zároveň vytvoří náhled na upnutý dílec z aktuálního pohledu na sestavu. Do náhledu se může zahrnout souřadný systém i případné PMI kótování vytvořené uživatelem. Náhled se promítne na místo buňky Pictures v příloze č.5.

Funkce **Shop Documentation** v sobě skrývá však ještě jeden zajímavý prvek grafických výstupů, který nenabízela žádná funkce, z již probraných CAM systémů. Tímto prvkem je schopnost promítnutí obrázků drah nástrojů k jednotlivým úsekům, které se vygenerují na místo buňky Path Image v šabloně návodky pro obrábění (příloha č. 5). Příklad náhledu drah nástrojů ukazuje obrázek č. 4.3



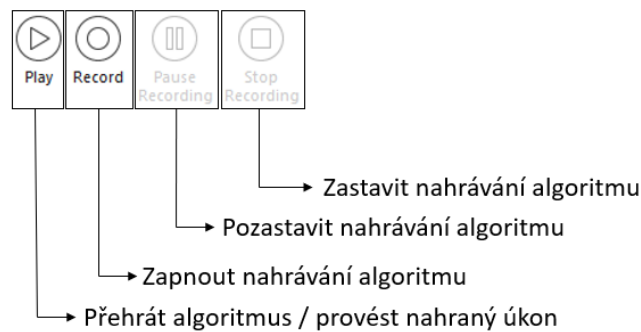
Obr. 4.3 Ukázka drah nástrojů – Path Image [7]

4.2 NX Open

Výše v textu již byl zaveden pojem sady nástrojů NX Open, která umožňuje implementaci vlastních softwarových řešení a aplikací třetích stran do CAM systému Siemens NX. Pro porozumění uživatelskému prostředí těchto nástrojů však musí uživatel ovládat minimálně jeden z programovacích jazyků (C++, C#, Java, Python, Visual Basic), kterými se tyto řešení realizují. [22, 23]

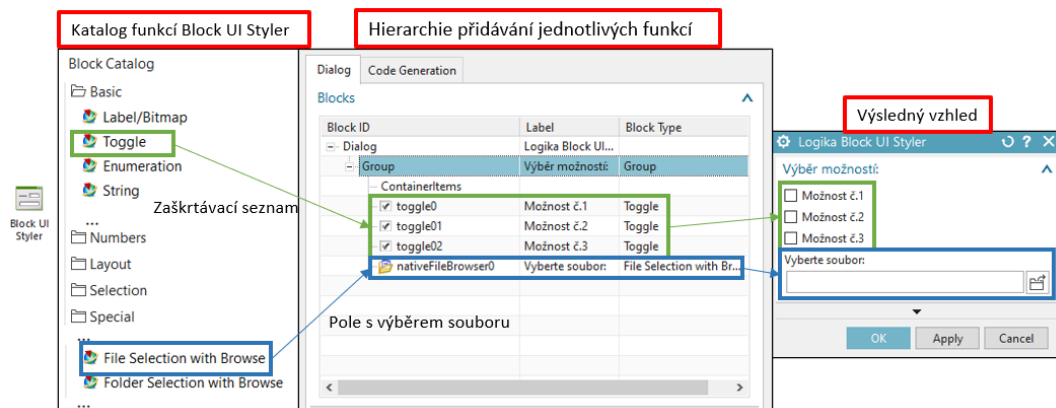
Jedním ze základních nástrojů NX Open je **Journaling**, který slouží k automatizování úkonů či k vygenerování algoritmu pro následné další aplikace. Nástrojem **Journaling** lze v podstatě nahrát, editovat a přehrát úkon v prostředí

Siemens NX. Nahráním úkonu se rozumí vygenerování textového souboru (skriptu) s algoritmem zapsaným v syntaxi zvoleného programovacího jazyka. Vytvořený skript se může opět spustit a nahraná relace se uskuteční znovu, případně lze skript použít k vytvoření rozsáhlejší automatizace úkonů či k použití při jiných aplikacích. **Journaling** otevírá téměř neomezené možnosti v oblasti výrobní dokumentace, především pak širokou paletu grafických výstupů návodky pro obrábění. Ovládání nástroje objasňuje obrázek č. 4.4, kde znázorněný ovládací panel se nalézá v záložce **Developer**. [24]



Obr. 4.4 Ovládací panel nástroje Journaling

Dalším neodlučitelným nástrojem sady NX Open je **Block UI Styler**. Nástroj **Block UI Styler** nabízí uživatelům či vývojářům možnost tvorby vlastních dialogových oken, stylem odpovídajícím prostředí programu Siemens NX. Dialogová okna mohou obsahovat například zaškrťovací seznam možností, textová pole, tlačítka nebo pole s výběrem cesty k souboru uloženého na disku počítače. Stejně jako nástroj Journaling se **Block UI Styler** nachází v záložce **Developer**. Logiku tvorby dialogových oken tímto nástrojem lze lépe pochopit z obrázku č. 4.5. [26]



Obr. 4.5 Tvorba dialogových oken pomocí Block UI Styler

Vytvořená dialogová okna reprezentuje textový soubor s algoritmem a příponou dle zvoleného programovacího jazyka (C++, C#, Java, Python, Visual Basic), ke kterému je přidružen soubor s příponou *.dlx.

Aplikace v praxi obou výše zmíněných nástrojů může vypadat následovně: [25]

1. Nahrání jednoho, či více úkonů pomocí nástroje **Journaling**.
2. Vytvoření dialogového okna, například se zaškrtačacím seznamem, pomocí nástroje **Block UI Styler**.
3. Nalezení klíčových částí kódu v syntaxi vygenerovaného algoritmu pomocí nástroje **Journaling**.
4. Přiřazení klíčových částí kódu jednotlivým položkám dialogového okna. Například je-li zaškrtnuta první možnost ze zaškrtačacího seznamu, tak se po aktivaci tlačítka Apply/OK vykoná jeden či více z nahraných úkonů.
5. Přiřazení vytvořeného dialogového okna s naprogramovanými funkcemi k nově definovanému příkazu, který je reprezentován jako ikona v horní liště uživatelského prostředí Siemens NX.

4.3 Post Process a Post Builder

Poslední z výše uvedených možností CAM systému Siemens NX pro tvorbu výrobní dokumentace je funkce **Post Process**, přesněji pak aplikování specifického postprocesoru za účelem vytvoření návodky pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů samostatně nebo spolu s NC programem. [28]

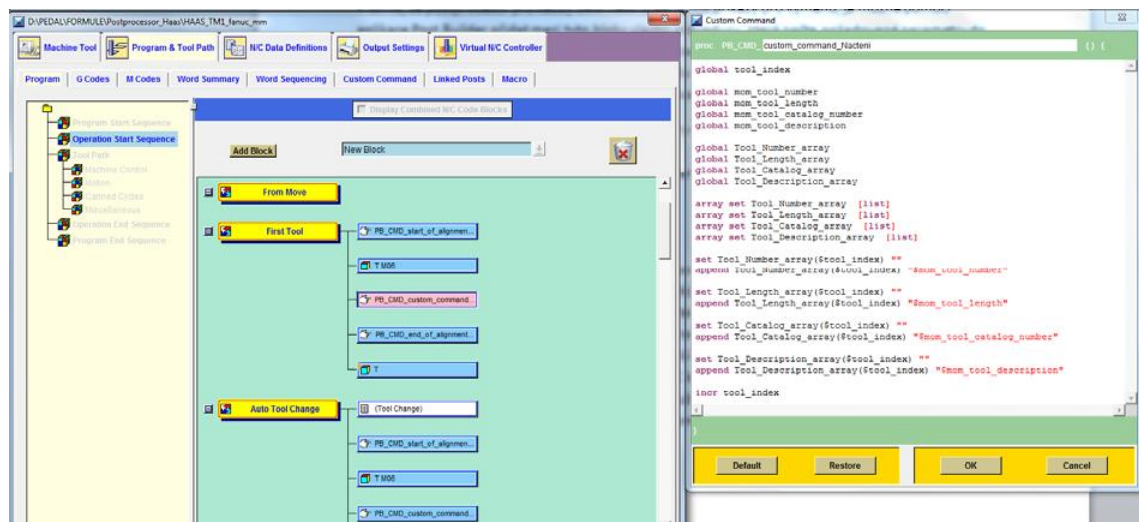
Tvorba výrobní dokumentace tímto způsobem se pojí do jisté míry s již probranou funkcí Shop Documentation, kterou limituje především formát jejích výstupů. Aplikováním specifického postprocesoru lze pak dosáhnout právě netradičního formátu výstupního souboru výrobní dokumentace a zároveň se může vygenerovat i NC program. [28]

Pro jednoduchost bude lepší pracovat s textovou šablonou (*.txt) návodky pro obrábění funkce Shop Documentation. Šablonu reprezentují hned 2 soubory ve zmiňovaném adresáři (...\\MACH\\resource\\shop_doc), těmi soubory jsou shopdoc_header.tcl a shopdoc_oper_list_text.tcl, kde první z nich využívají všechny

textové šablony, protože soubor představuje hlavičku výstupního souboru, která bude vždy stejná. Šablony uvnitř obsahují jednotlivé procedury generování výstupního souboru, kde funkce a syntaxi jednotlivých procedur musí uživatel znát, pakliže si chce vytvořit vlastní konfiguraci šablony. Na místě je i patřičná úprava souboru `shopdoc_text_select.tpl (...MACH\resource\shop_doc)`, který zodpovídá za načtení dat z jednotlivých operací. [28]

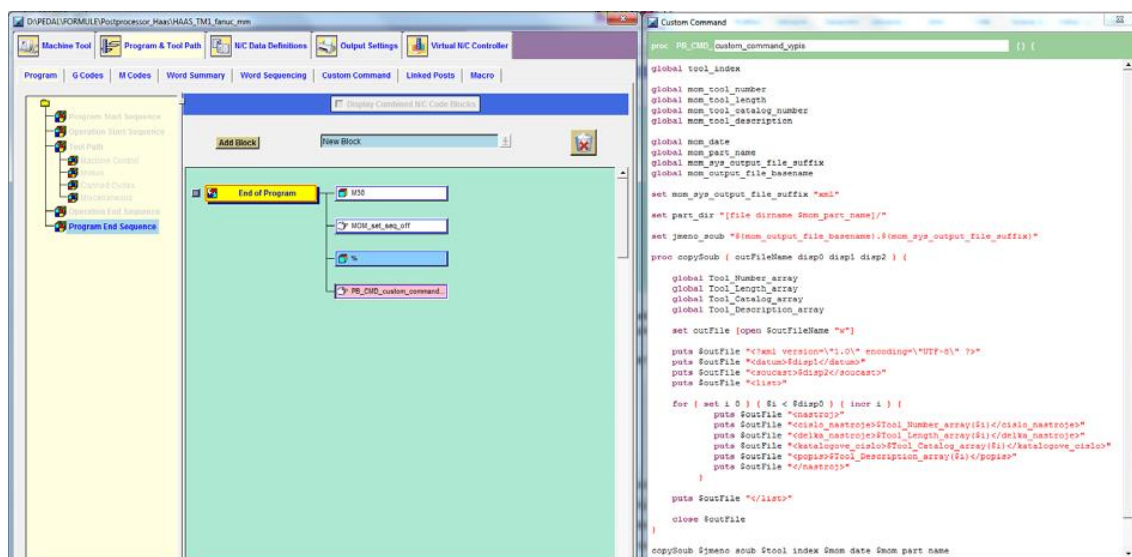
Následuje problém s úpravou určitého postprocesoru, který již má funkci generování NC programu. Využitím již zmíněné aplikace **Post Builder** lze přidat do postprocesoru své vlastní procedury, které mají za následek generování požadovaných parametrů do externího souboru ve zvoleném formátu dle upravené šablony. [28]

Vkládání těchto procedur lze demonstrovat na příkladu generování požadovaných dat pro nástroje, jedná se tedy o tvorbu seřizovacího listu nástrojů. Postprocesor s každým dalším nástrojem vytváří příkazy pro jejich výměnu. **Post Builder** zde umožňuje mezi tyto bloky přidat zmiňovanou vlastní proceduru, která načte požadované parametry (Obr. 4.6). [28]



Obr. 4.6 Načtení požadovaných parametrů nástrojů – Post Builder [28]

Na konec sekvence postprocesoru se pak zařadí závěrečná procedura (Obr. 4.7), kterou reprezentuje upravená šablona funkce Shop Documentation, ta má za následek vygenerování výstupní výrobní dokumentace v požadovaném formátu. [28]



Obr. 4.7 Vygenerování výstupního souboru – Post Builder [28]

V kapitolách výše proběhla podrobná analýza možností současných programů v řešené oblasti výrobní dokumentace. Samotné CAM systémy obsahují některé pokročilé funkce, mezi které se řadí například Autodesk Fusion 360, jehož funkce lze do jisté míry upravit a spojit tak generování doprovodné výrobní dokumentace s tvorbou NC programu. CAM systém Mastercam pak disponuje možností pořídit vícero snímků upnutého dílce v návodce pro obrábění.

Prostor dostaly i nadstavbové programy CAM systémů, mezi které se řadí programy NCreports a CAD Studio HSM Tools. NCreports nabízí uživateli zcela nové prostředí pro tvorbu výrobní dokumentace v řešeném CAM systému Siemens NX. Dovoluje uživateli například pořídit vícero snímků upnutého dílce nebo vložit grafický výstup v podobě výkresu.

Určitý pohled do problematiky poskytly i samostatné programy určené k tvorbě výrobní dokumentace, kde například HSi4M pracuje s importovanými soubory z CAD programů, které následně zpracovává a automaticky vytváří sled operací.

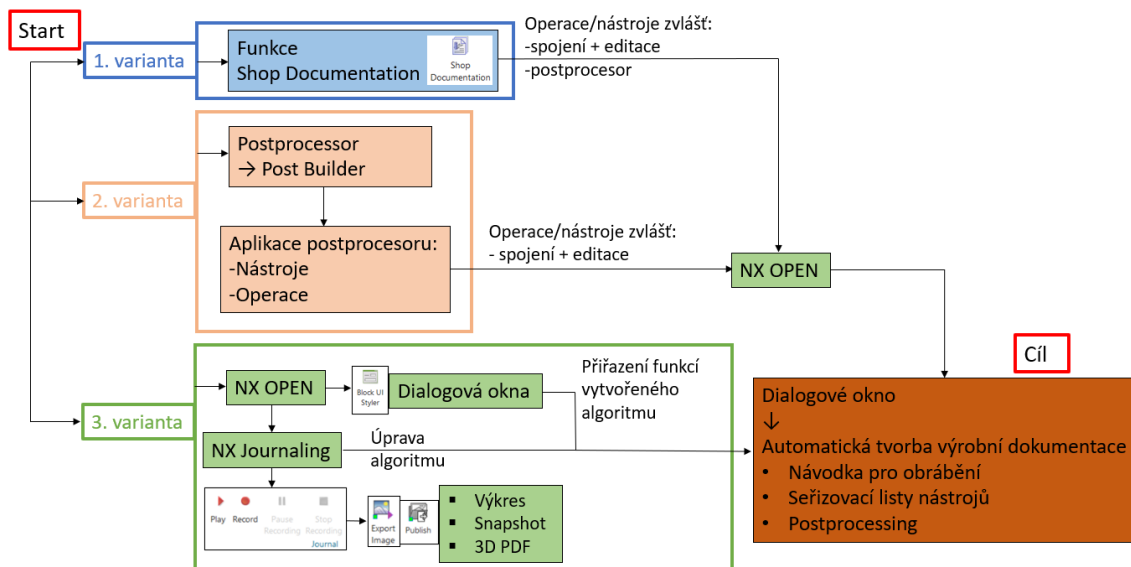
Žádný z uvedených programů však nedokáže splnit současně všechna vytyčená kritéria, mezi které patří například generování podrobné návodky pro obrábění a provázání tvorby výrobní dokumentace s generováním NC programu.

V závěru pak proběhla analýza funkcí CAM systému Siemens NX, určených pro generování výrobních dokumentů. Dále se analyzovaly možnosti modifikace těchto funkcí, což udá další směr řešení, kde klíčovým nástrojem bude sada nástrojů NX Open.

5. Návrh variant řešení automatizovaného generování výrobní dokumentace

V předešlých kapitolách byly analyzovány funkce pro tvorbu výrobní dokumentace různých programů, včetně CAM systému Siemens NX. Utvořil se zde jakýsi nadhled možností, přes informační obsáhlost až po vizuální stránku. Zjistilo se, že většina výstupů probíraných funkcí jsou nějakým způsobem editovatelné, avšak za předpokladu určitých znalostí.

Shrnutím kapitoly 4 se dojde ke skutečnosti, že pro automatickou tvorbu výrobní dokumentace v CAM systému Siemens NX existují 3 varianty řešení. Výběr ideálního a elegantního řešení se musí nutně stát prvním tématem vlastního řešení. K přehledné orientaci nabízenými variantami pomůže schéma na obrázku 5.1, které bude podrobněji rozebráno v následujícím textu. Schéma se navrženými řešení orientuje především na návodku pro obrábění, kde se musí klást důraz na správné vyznačení upnutí dílce do stroje, proto je žádoucí ve výsledném řešení trvat na pořízení vlastního grafického výstupu pro každou operaci.



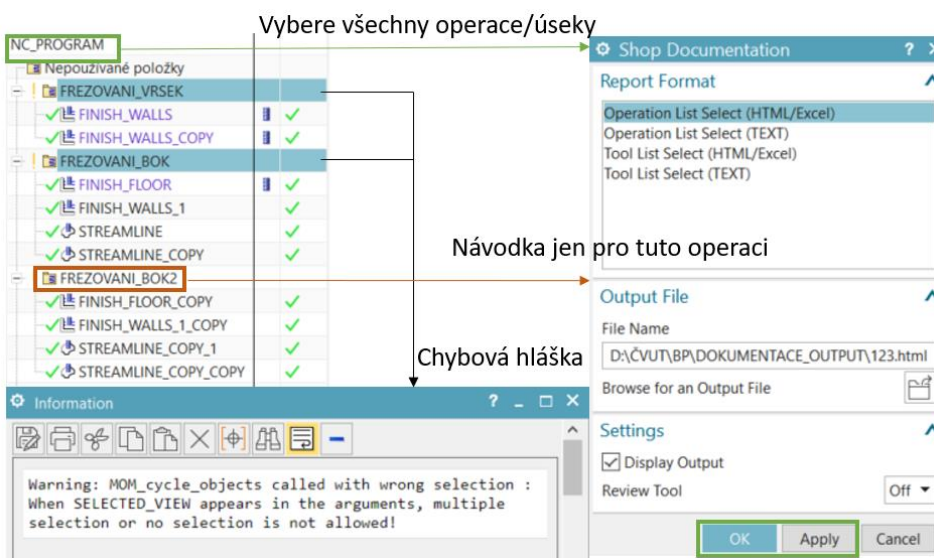
Obr. 5.1 Schéma navržených variant řešení

Varianta č. 1: Shop Documentation

Projde-li se přes pomyslný start, nabídne se hned první a v některých ohledech nejjednodušší varianta, kterou je využití funkce **Shop Documentation**.

S ohledem na řešení grafických výstupů, zobrazujících upnutí dílce v návodce pro obrábění, se u funkce **Shop Documentation** naráží na první problém, kde nelze vygenerovat více než 1 obrázek současného upnutí dílce, což u dílců, které se musí vícekrát přeupínat, činí variantu použití samotné funkce **Shop Documentation** nepoužitelnou k tvorbě návodky pro obrábění. Onen problém se vyskytuje i z hlediska popisu jednotlivých úseků v operaci, kde v příloze č. 5 se nachází pouze jedno pole pro takový popis, nelze tedy popsat více operací.

V souvislosti s problematikou nedostatečného grafického popisu nutno také zmínit nemožnost vybrat jednotlivé operace, pro které se má návodka pro obrábění vygenerovat. Existuje-li na vybraném dílci, pro který se výrobní dokumentace generuje, vícero operací, je možné zvolit pouze jednu operaci, případně všechny zároveň. Nelze tedy např. vybrat pouze dvě operace ze čtyř. To může způsobit problém např. při zjištění, že je třeba do výroby zahrnout další operace, návodka pro obrábění by se pak negenerovala pouze pro tyto operace, ale musela by se vytvořit pro všechny operace znovu. K pochopení možností výběru zahrnutých operací ve výrobní dokumentaci pomůže schéma na obrázku 5.2, kde se nachází i chybová hláška při špatném výběru. Složky s úseky na obrázku 5.2 představují jednotlivé operace.

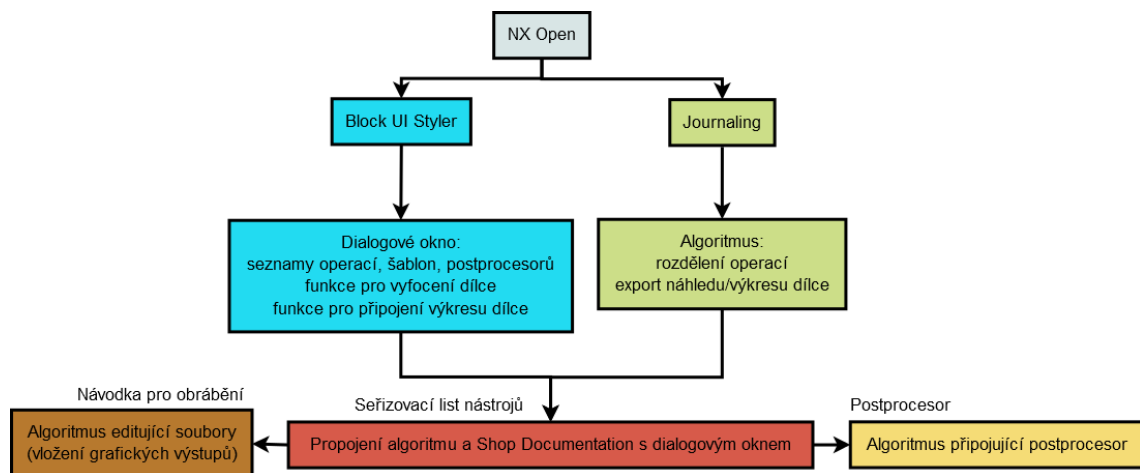


Obr. 5.2 Logika výběru operací a aplikace funkce Shop Documentation

Shop Documentation poskytuje pouze 1 typ grafického výstupu, čímž je náhled na upnutý dílec, automaticky vytvořený z aktuálního pohledu nastaveného uživatelem při tvorbě návodky pro obrábění. Náhled ovšem zahrnuje souřadný systém i případné PMI kótování vytvořené uživatelem. U typů grafického výstupu však záleží na preferencích jednotlivce, tudíž se nejedná ani tak o problém, ale o nedostatek. U vyznačení upínání dílce se totiž nabízí hned další 2 varianty, a to vyznačení na výkrese či moderní způsob zobrazení upnutého dílce ve formátu **3D PDF** (three-dimensional space portable document format), kde si lze sestavou různě otáčet. Obsluha stroje by si mohla pomoci tohoto 3D zobrazení udělat jasnou představu o upínání dílce.

Klíčové pro splnění cíle je také provázání tvorby doprovodné výrobní dokumentace (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů) s tvorbou NC programu, kde samotnou funkcí **Shop Documentation** tohoto spojení nelze dosáhnout.

Odpověď na problémy a nedostatky spojené s využitím funkce **Shop Documentation** pro tvorbu doprovodné výrobní dokumentace (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů) s vazbou na postprocessor se ukrývá v použití sady nástrojů **NX Open**. Řešení částečně zachycuje schéma na obrázku 5.1, ale pro lepší přehlednost se blok s **NX Open** rozkreslí ještě do diagramu na obrázku 5.3.

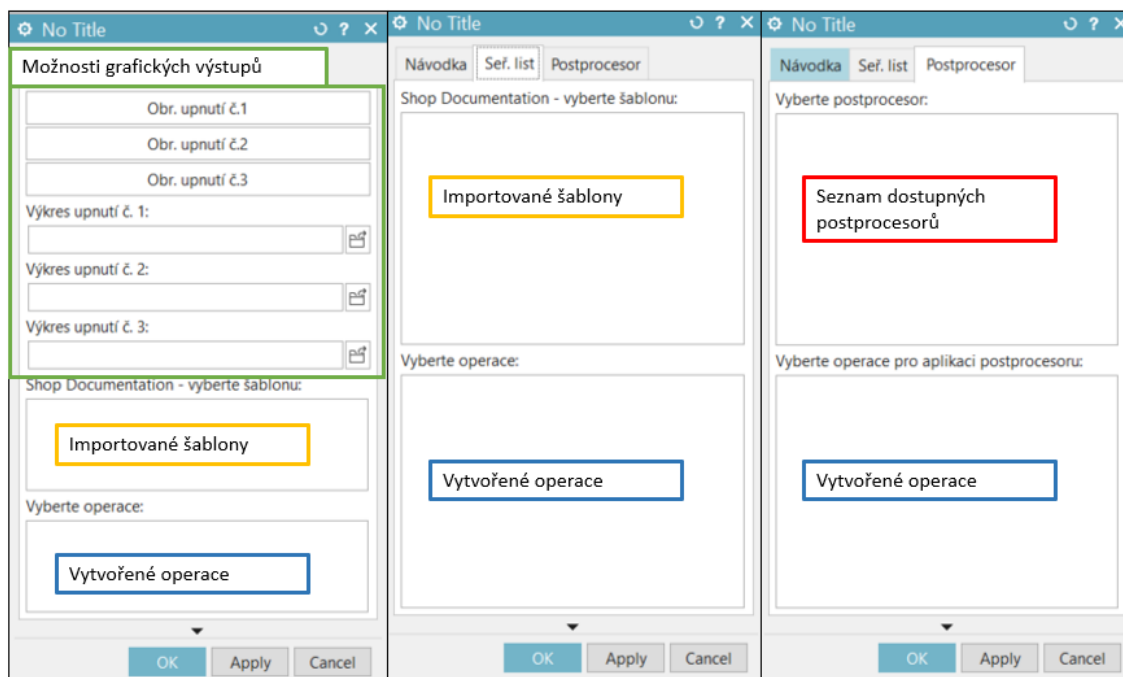


Obr. 5.3 Dosažení cílených výstupů pomocí funkce Shop Documentation a nástrojů NX Open

Myšlenka tkví v použití nástrojů **NX Open** k vytvoření nového uživatelského prostředí prostřednictvím dialogového okna, do kterého se implementují veškeré požadované funkce, včetně funkce **Shop Documentation**.

Závisí pouze na jednotlivci, kterou větví diagramu (obr. 5.3) postoupí jako první. Tvorba dialogového okna (**Block UI Styler**) a pořizování algoritmu (**Journaling**) jsou dva paralelní úkony, na sobě téměř nezávislé. V diagramu na obrázku 5.3 se vyskytují nad některými bloky popisy požadovaných výrobních dokumentů, ty vyznačují právě ty klíčové části algoritmu, kdy se vytvoří finální podoba jmenovaného výrobního dokumentu.

Libovolně se tedy začne například tvorbou dialogového okna pomocí nástroje **Block UI Styler**. Ideálně se v dialogovém okně vytvoří tři záložky pro každý řešený výrobní dokument. Do záložek se importují potřebné bloky funkcí, kterými jsou například: seznamy, pole pro výběr cesty k souboru (viz. obdobné pole na obr. 4.5), případně tlačítka k pořízení snímků. Veškeré seznamy pak podlehnou specifické proceduře v algoritmu dialogového okna, zajišťující promítnutí požadovaných výstupů, např. výpis vytvořených operací na dílci, výpis šablon funkce **Shop Documentation** a v neposlední řadě zobrazení dostupných postprocesorů. Dialogové okno může vypadat obdobně jako na obrázku 5.4.



Obr. 5.4 Příklad vytvořeného dialogového okna pro 1. variantu řešení

Pokračuje se pravou větví diagramu na obrázku 5.3, kde se vygenerují pomocí nástroje **Journaling** klíčové funkce tvorby výrobní dokumentace. Nahraje se algoritmus, zatím nespecifikované logiky dělení operací a exportu výkresu či aktuálního obrázku upnutí dílce ve formátu *.jpg.

Předposlední krok představuje červený blok v diagramu na obrázku 5.3, kde se veškeré nahrané algoritmy klíčových funkcí specificky upraví a přiřadí jednotlivým blokům vytvořeného dialogového okna (obr. 5.4). Například funkce exportu aktuálního snímku upnutí dílce se schová pod vytvořená tlačítka, totéž platí pro logiku výběru operací, pro kterou se výrobní dokumenty vytvoří, jen se přiřadí k odpovídajícímu seznamu. V předposledním kroku proběhne vytvoření té části algoritmu, jejímž následkem se importuje funkce **Shop Documentation** do dialogového okna. S importovanou funkcí **Shop Documentation** se pak bude pracovat totožně jako popisuje kapitola 4.1, jen vybírání operací, pro které se dokumentace vygeneruje, proběhne prostřednictvím vytvořeného seznamu. Nic pak nebrání tvorbě seřizovacích listů nástrojů, kde jediné omezení představoval výběr operací.

Poslední krok (obr. 5.3) vlevo představuje tvorbu dodatečného algoritmu, jehož následkem proběhne poslední editace návodky pro obrábění. Generování souboru návodky pro obrábění umožňuje již předposlední krok diagramu na obrázku 5.3 (červený blok diagramu), v navazujícím kroku se jen algoritmem docílí import vícero obrázků upnutí dílce, jsou-li potřeba.

Druhým, posledním krokem (obr. 5.3) vpravo se naimportuje funkce postprocesoru **Post Process** do poslední záložky (obr. 5.4). Realizace vypadá podobně jako u předchozího vkládání funkce **Shop Documentation**.

Varianta č. 2: Post Process a Post Builder

Další cesta, vedoucí k cíli (obr. 5.1), prochází druhou variantou, ze tří nabízených, u které se využije aplikace **Post Builder** k úpravě specifického postprocesoru a následně funkce **Post Process** k jeho aplikaci.

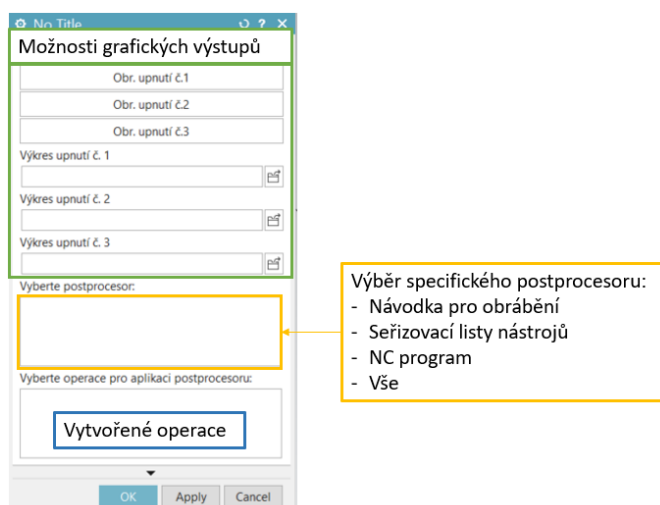
Vzhledem ke skutečnosti, že tato varianta do jisté míry vychází z funkce **Shop Documentation**, zde přetrvávají některé z jejích nedostatků. Kromě zachování problémů

s grafickými výstupy (počet, formát) zde přibyla nutnost znalosti tvorby postprocesoru a orientace v aplikaci **Post Builder**. Do jisté míry odpadne problematika s vybíráním operací, kde by bylo možné vygenerovat jednotlivé dokumenty (operace) návodky pro obrábění zvlášť, avšak za ztráty vytvoření jednotného dokumentu. Přibyla by nutnost spojit dokumenty manuálně dohromady, avšak stále by zde byl pouze jeden grafický výstup.

Velkou výhodou této varianty tvoří spojení tvorby NC programu s generováním návodky pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů.

Nedostatky spojené s variantou využití postprocesoru lze i v tomto případě obejít využitím sady nástrojů **NX Open**. Přeskočí-li se procedura tvorba specifických postprocesorů, lze se vrátit k diagramu na obrázku 5.3, který se zredukuje o některé úkony. V modré části se vynechá vytvoření seznamu šablon, kterou nyní plně nahradí jednotný seznam postprocesorů, a v předposlední červené části se zároveň vynechá připojení funkce **Shop Documentation** do dialogového okna. Tyto drobné úpravy vytvoří model pro vytvoření funkce generování výrobní dokumentace prostřednictvím funkce postprocesoru a nástrojů **NX Open**. Podobným přístupem jako u předchozí varianty se poskládá nové dialogové okno, které nyní obsahuje pouze jednu záložku (obr. 5.5).

Záložky zde nahradila funkce postprocesoru, kde si v prostředním seznamu lze vybrat aplikaci vícero specifických postprocesorů, které mají za následek generování návodky pro obrábění, seřizovacích listů nástrojů a NC programu.



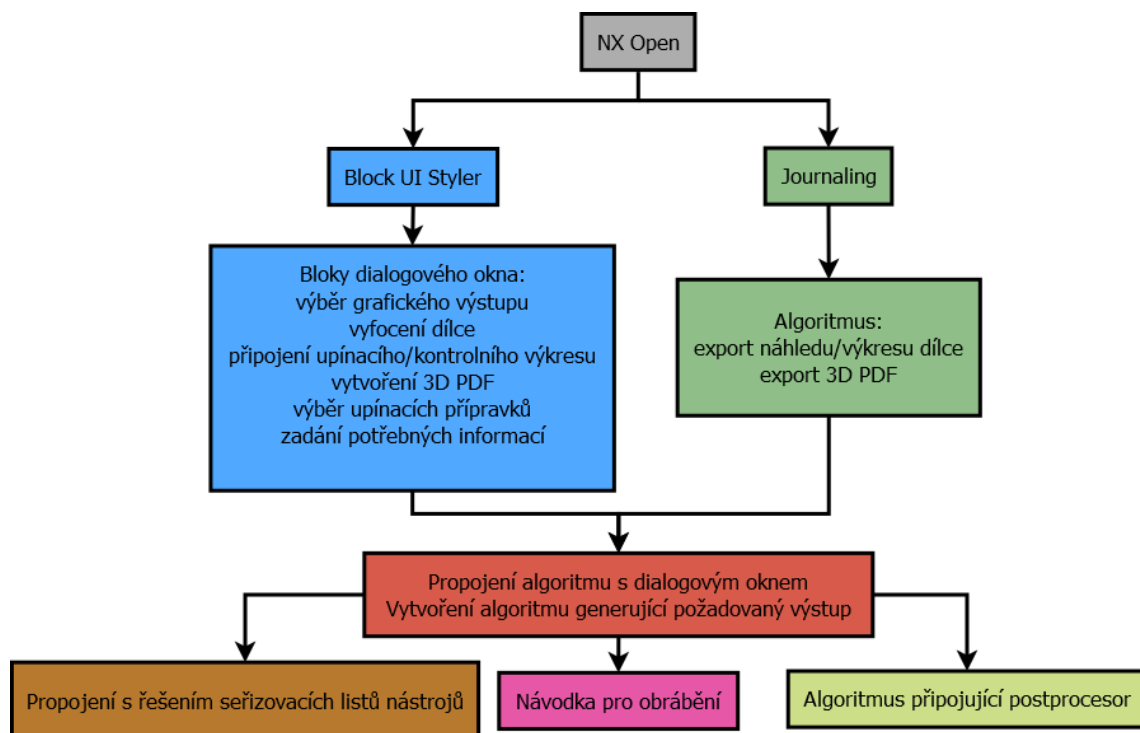
Obr. 5.5 Příklad dialogového okna pro 2. variantu řešení

Zajištění funkčnosti dialogového okna se provede analogicky s 1. variantou řešení a popsány úpravami diagramu na obrázku 5.3. Totožný postup by se zde zvolil i z hlediska problémového vybírání operací, upustilo by se od možnosti této varianty generovat jednotlivé dokumenty (operace) zvlášť, proto dialogové okno obsahuje i výběr operací (obr. 5.5).

Varianta č. 3: NX Open

Poslední nabízenou variantou v diagramu na obrázku 5.1 je plné využití nástrojů **NX Open** k vytvoření vlastní metody tvorby výrobní dokumentace v CAM systému Siemens NX.

S ohledem na veškerou problematiku zbylých variant spojenou s návodkami pro obrábění, se jeví použití sady **NX Open** jako elegantní a univerzální řešení k vytvoření nové metody tvorby tohoto výrobního dokumentu. Podrobněji rozepsané řešení pomocí sady **NX Open**, nastíněné v diagramu na obrázku 5.1, lze nalézt v diagramu na obrázku 5.6. Diagram na obrázku 5.6 se soustřeďuje pouze na tvorbu metodiky generování návodky pro obrábění, jelikož výše již byla popsána některá vyhovující řešení tvorby seřizovacích listů nástrojů.



Obr. 5.6 Diagram využití NX Open k tvorbě návodky pro obrábění

Diagram na obrázku 5.6 obsahuje několik odlišností od diagramu na obrázku 5.3. Pravá paralelní větev nástrojů **NX Open** obsahuje navíc generování algoritmu za účelem exportu **3D PDF** sestavy upnutého dílce, což je moderní způsob grafického výstupu u návodky pro obrábění. Export **3D PDF** zobrazení sestavy upnutého dílce však umožňuje verze CAM systému Siemens NX 1847 a vyšší. Grafické výstupy ve formátu **3D PDF** by s pomocí nástrojů **NX Open** umožňovaly i předchozí navržené varianty, kde ale nelze spolehlivě předvídat kolik stran vygenerovaný dokument obsahuje, proto nelze s jistotou správně zařadit tyto pomocné stránky s **3D PDF** sestavou. Totéž platí pro ostatní grafické výstupy, kde není možné odhadnout, na jaké stránce se jednotlivé operace nachází, a vkládání jakéhokoliv grafického výstupu by bylo slepé. Stránkování u šablon **Shop Documentation** se odráží od počtu úseků jednotlivých operací.

V pravé větvi diagramu (obr. 5.6) pak oproti předchozímu diagramu (obr. 5.3) odpadne tvorba algoritmu pro výběr operací, kde se jednoduše vytvoří nová logika, která uživateli poskytne plnou kontrolu nad tvorbou návodky pro obrábění a editováním jednotlivých operací.

V souvislosti se stránkováním umožňuje varianta **NX Open** zařadit i kontrolní stranu s případným výkresem tolerovaných částí dílce, protože vytvořením vlastního algoritmu generujícího výstupní soubor, se získá plná kontrola nad stránkováním a celkovou strukturou dokumentu. Na obrázku 5.6 se tyto skutečnosti odrazí v levé (modré) větvi diagramu, kde se mimo jiné vloží i další bloky dialogového okna, jako možnost vybrat si a utvořit grafický výstup, výběr upínacích přípravků a ostatní funkce pro zadání potřebných informací (popis operace, materiál dílce, pracoviště, stroj aj).

Nástroje **NX Open** viditelně zajišťují plnou automatizaci tvorby výrobních dokumentů, které se musí docílit i s ohledem na požadovaný výstup ve formátu **3D PDF**. Generovaný dokument pak musí být ve formátu s příponou *.pdf, což znamená uskutečnit veškeré úpravy uvnitř vytvořeného prostředí CAM systému Siemens NX, jelikož soubor v takovém formátu nelze dále zpracovávat. Vytvořené prostředí tedy musí umožnit přímé zadávání informací, stručně shrnutých v posledním modrém okně diagramu na obrázku 5.6.

V předposledním kroku diagramu (obr. 5.6) se pak vytvořené algoritmy importují do jednotlivých bloků vytvořeného dialogového okna a současně se vytvoří algoritmus,

generující požadovaný výstupní soubor návodky pro obrábění, kde generování představuje nejspodnější blok diagramu (obr. 5.6). V dalších krocích se vytvořená funkce k tvorbě návodky pro obrábění propojí s vyřešenou funkcí k tvorbě seřizovacích listů nástrojů (obr. 5.6 vlevo) a importovanou funkcí **Post Process** (obr. 5.6 vpravo).

Vícekritériální tabulka a výběr řešení

Poznatky z navržených variant řešení shrnuje vícekritériální tabulka 5.1. Tabulka obsahuje jednotlivé řádky s kritérii, které představují rozhodující body k výběru ideálního řešení, kde předposlední řádek odpovídá na otázku, pro který výrobní dokument se dané řešení hodí. Jednotlivé sloupce představují definované varianty řešení.

Tab. 5.1 Vícekritériální tabulka navržených řešení

Kritéria výběru řešení			
Varianta:	Shop Documentation	Post Process & Post Builder	NX Open
Návodka pro obrábění:			
Export výkresu:	NE → NX Open	NE → NX Open	ANO
Export obrázku:	ANO*	ANO*	ANO
Export 3D PDF:	NE → NX Open	NE → NX Open	ANO
Podrobnost popisů:	ANO	ANO	ANO
Seřizovací listy nástrojů:			
Podrobnost popisů:	ANO	ANO	ANO
Výběr operací:	NE → NX Open	NE → NX Open	ANO
Obecně:			
Propojení vícero výrobních dokumentů:	NE → NX Open	ANO	ANO
Propojení s NC programem:	NE → NX Open	ANO	ANO
Efektivita/rychlost řešení:	ANO	NE	ANO
Vhodné pro:	Seřizovací listy nástrojů	-	Návodka pro obrábění
Nutné znalosti:	Shop Documentation, „C#**“, NX Open”	Shop Documentation, Post Builder, „C#, NX Open”	C#, NX Open
Poznámky:			
* pouze 1 upnutí, pro vícero upnutí → NX Open			
** zvolený programovací jazyk prostředí NX Open			

Klíčové pro správný výběr řešení jsou samozřejmě nutné znalosti, což paradoxně nejlépe splňuje varianta **NX Open**, tedy za předpokladu užití pouze těchto nástrojů. Jistý důraz se musí klást taktéž na komplexnost výrobní dokumentace, a tedy na vzájemnou souběžnost všech výrobních dokumentů (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů, NC program), kde ztrácí funkce **Shop Documentation**. Neopomenutelným kritériem, které souvisí do jisté míry s potřebnými znalostmi, se stává efektivita či rychlost řešení, kde záleží na výčtu nutných procesů, které se musí uskutečnit k vytvoření vlastní metody tvorby výrobní dokumentace.

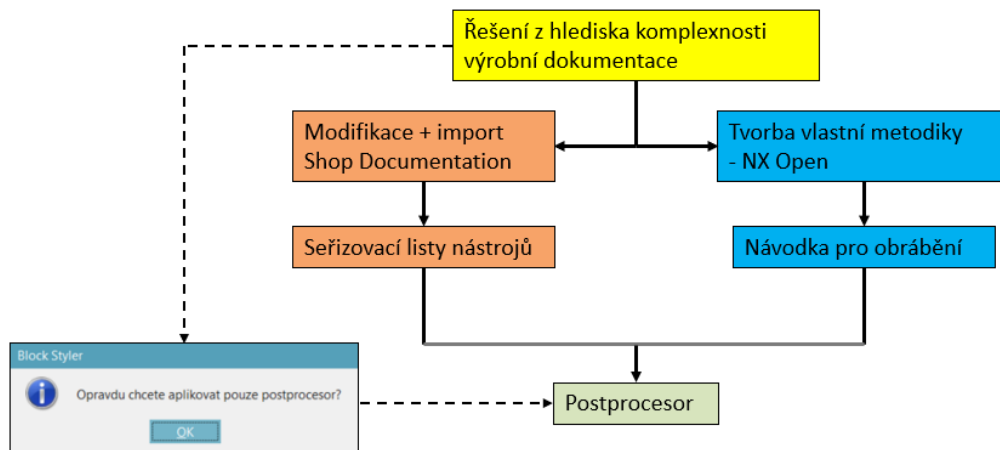
Zúžením tabulky 5.1 pouze na návodku pro obrábění očekávaně vítězí varianta s využitím nástrojů **NX Open**. Varianta bude v dalších kapitolách vlastního řešení podrobněji rozebrána a vyústí v návrh automatického generování návodky pro obrábění se třemi možnými grafickými výstupy (3D PDF, výkres a náhled sestavy upnutí dílce).

Obdobným zúžením tabulky 5.1 pouze na seřizovací listy nástrojů a navázáním na předchozí rozbor variant se dospěje k závěru, že varianta využití funkce **Shop Documentation** za pomoci nástrojů **NX Open** bude ideálním řešením automatické tvorby seřizovacích listů nástrojů. Na tento návrh se následně naváže a proběhne úprava šablony funkce **Shop Documentation** a import modifikované funkce **Shop Documentation** do připraveného dialogového okna s návodkou pro obrábění.

V závěru bude vytvořena procedura, která do řešeného dialogového okna importuje funkci **Post Process** za účelem generování NC programu.

6. Vlastní řešení tvorby výrobní dokumentace

Předesílané řešení vlastní metody pro generování výrobní dokumentace v programu Siemens NX se uskuteční prostřednictvím jednotného dialogového okna, kde se zakomponují jednotlivé funkce pro tvorbu řešených dokumentů. Myšlenkové schéma postupu navrženým řešením dialogového okna přibližuje obrázek 6.1. Dle schématu vznikne nová funkce v prostředí programu Siemens NX, která generuje jednotlivé výrobní dokumenty pospolu nebo separátně, pakliže uživatel zvolí pouze generování NC programu, bude upozorněn na jeho souběžnost s doprovodnou výrobní dokumentací (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů).



Obr. 6.1 Myšlenkové schéma postupu navrženým řešením

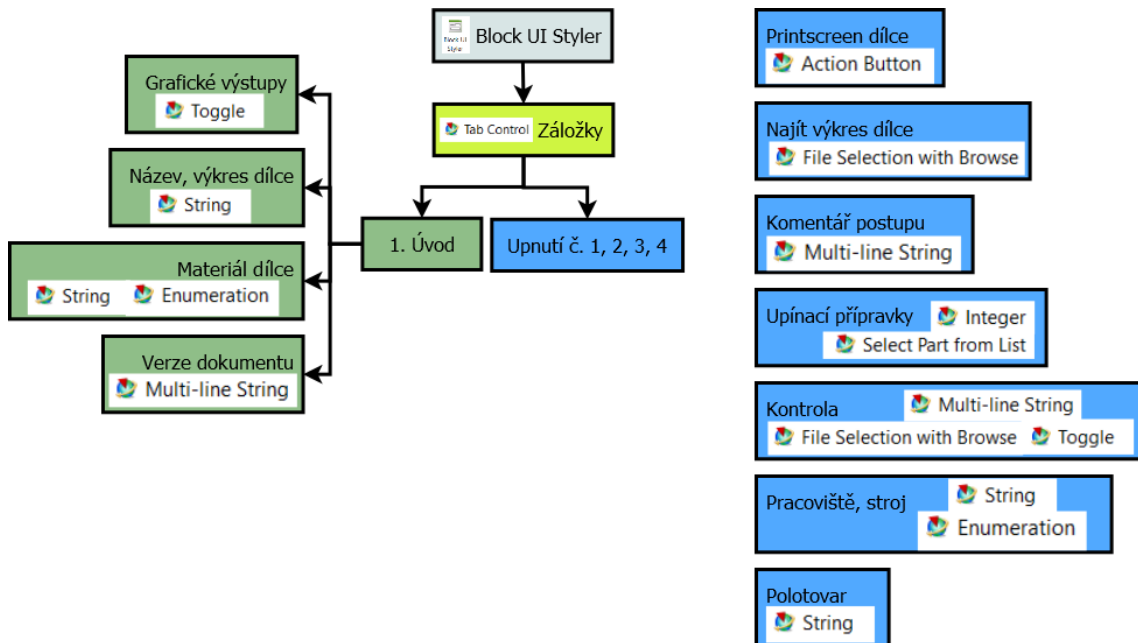
Na pořadí implementace jednotlivých funkcí nezáleží, totéž platí i pro pořadí následujících podkapitol. Implementace veškerých funkcí se uskutečňuje pomocí programu Visual Studio 2019 a programovacího jazyka **C#**.

6.1 Vlastní metoda generování návodky pro obrábění

Při vytváření zcela nové funkce k automatickému generování vyhovující návodky pro obrábění (z hlediska grafických výstupů a kompletnosti) dojde k plnému využití nástrojů sady **NX Open**. Tvorba nové funkce se člení do několika bloků, které provází potřebné obrázky a diagramy k lepšímu pochopení.

1. Vytvoření hlavního dialogového okna

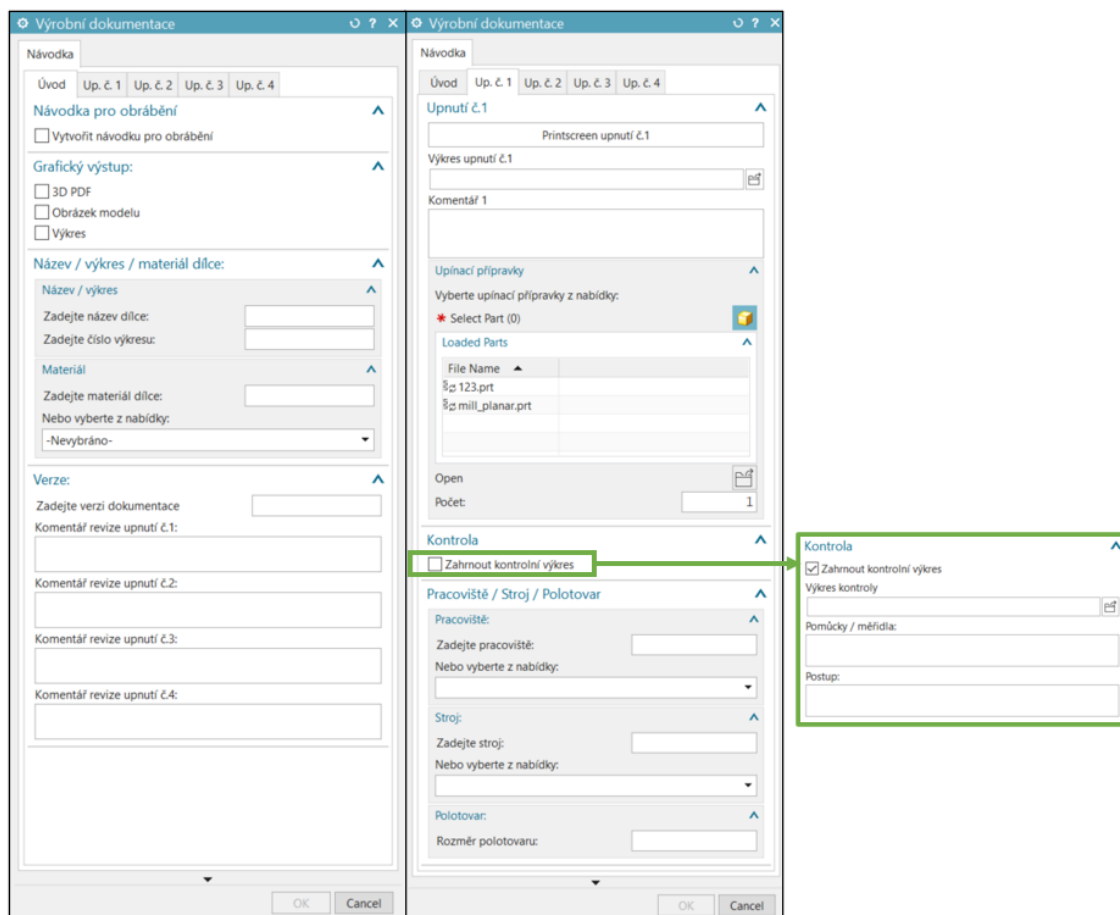
Vývoj je započat vytvořením dialogového okna a vložením veškerých jeho prvků, potřebných k úplnosti a správnosti výsledně vygenerovaného dokumentu. Použit bude totožný postup tvorby dialogového okna, který již vysvětlil obrázek 4.5 v kapitole 4.2.



Obr. 6.2 Konkrétní postup tvorby dialogového okna – návodka pro obrábění

Diagram na obrázku 6.2 popisuje již konkrétní postup řešení dialogového okna, zobrazeném na obrázku 6.3. V Diagramu se nachází postup vkládání a název jednotlivých funkcí, zajišťující jednotlivé členy dialogového okna. K úplnému pochopení pomůže porovnání těchto dvou obrázků (obr. 6.2 a obr. 6.3), kde se například funkcí **Toggle** vloží zaškrtnávací seznam výběru grafického výstupu nebo funkcí **Select Part from List** se importuje seznam zobrazující otevřené součásti, což usnadní rychlý výběr upínacích přípravků. Počet upínacích přípravků pak zajistí proměnná **Integer**, která představuje pole pro zadání čísel.

Vložené prvky dialogového okna jsou zatím nefunkční, jejich naprogramování se stane předmětem dalších bloků.

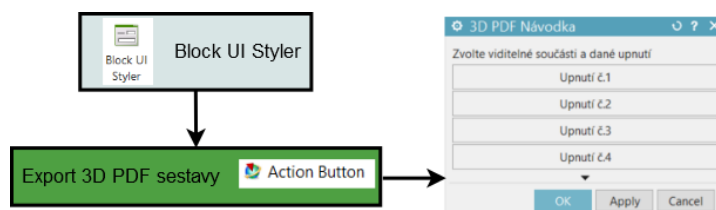


Obr. 6.3 Výsledné dialogové okno – návodka pro obrábění

2. Vytvoření pomocného dialogového okna (3D PDF výstup)

V hlavním dialogovém okně (obr. 6.3) chybí možnost vytvořit zmiňované **3D PDF**, kde nastává problém s později nahráním algoritmem tohoto exportu, a nelze ho přidat do vytvořeného dialogového okna, jehož struktura bude pracovat i s jinými programy než pouze s programem Siemens NX, jmenovitě pak s Microsoft Excel a soubory ve formátu PDF. Důvod problému se podrobněji rozebere při implementaci této funkce.

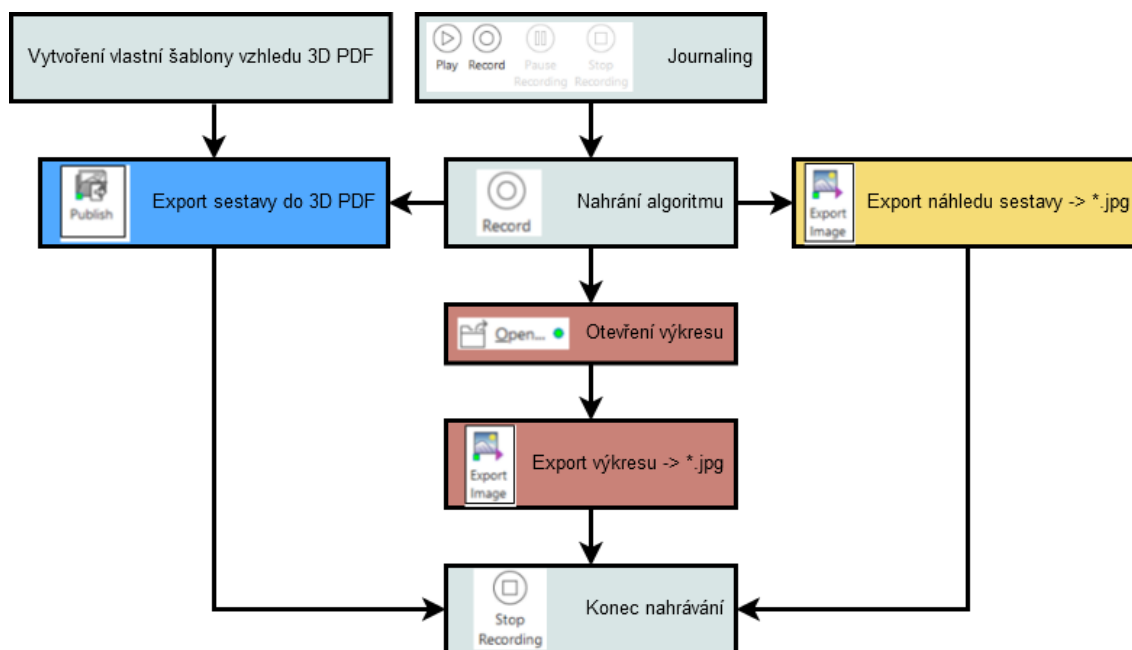
Prozatím se vytvoří ještě jedno pomocné dialogové okno, které bude pracovat pouze s funkcí exportu 3D PDF. Postup tvorby pomocného dialogového okna popisuje schéma na obrázku 6.4, kde se funkcí **Action Button** přidají tlačítka, která se posléze naprogramují na tvorbu 3D PDF.



Obr. 6.4 Tvorba dialogového okna – 3D PDF

3. Journaling – tvorba algoritmů pro funkce dialogových oken

V dalším kroku se pomocí nástroje **Journaling** vytvoří zdrojové kódy zatím nenaprogramovaných funkcí dialogových oken. Vygenerují se algoritmy pro jednotlivé úkony, které mají některé z funkcí dialogových oken provádět. Postup, včetně výčtu nahraných úkonů funkcí **Journaling**, přibližuje diagram na obrázku 6.5.



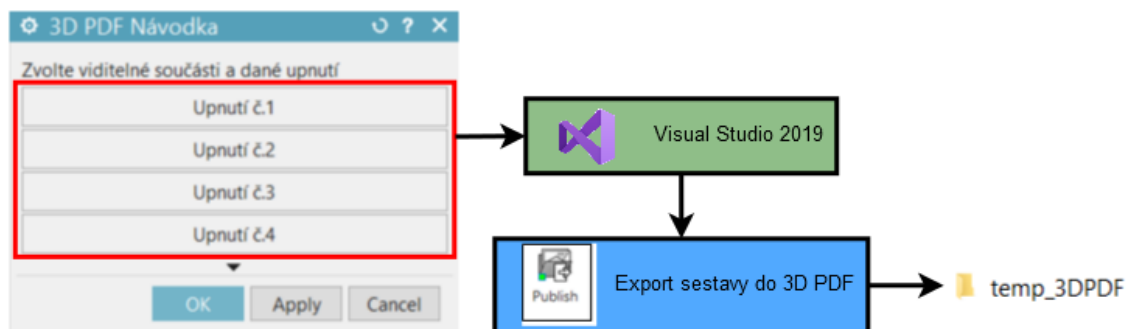
Obr. 6.5 Diagram nahrávání jednotlivých úkonů v Siemens NX

Nahrávání úkonů se provádí analogickým postupem popsáním v kapitole 4.2. Spustí se nahrávání algoritmu a následně se nahrávají požadované úkony. Prostřední větev diagramu (obr. 6.5) představuje otevření výkresu a jeho export do formátu *.jpg, k další implementaci v návodce pro obrábění. Pravá větev představuje jednoduchý export obrázku sestavy upnutého dílce do formátu *.jpg, opět k dalšímu zpracování v dokumentu. Export se uskutečňuje pomocí funkce **Export Image**. Levou větví diagramu (obr. 6.5) se nahraje algoritmus exportu sestavy upnutého dílce do formátu 3D PDF (*.pdf), kde se nejprve může začít úpravou některé z dostupných šablon. Úprava šablon pro export do 3D PDF formátu je velmi intuitivní, a proto se nemusí podrobněji popisovat. Šablony se nachází v adresáři `...\TDP\templates\`, kde tři tečky značí kořenový adresář nainstalovaného programu Siemens NX.

4. Přiřazení vytvořených algoritmů funkcím dialogových oken

Přiřazení nahraných úkonů, funkcím dialogového okna, se uskuteční prostřednictvím programu Visual Studio 2019, kde je možné zobrazit zdrojový kód vytvořeného dialogového okna a patřičně ho doplňovat a upravovat k naprogramování jeho jednotlivých prvků.

Začne-li se funkcí exportu 3D PDF souboru, tak dle diagramu na obrázku 6.6 proběhne otevření zdrojového kódu pomocného dialogového okna a následně se vloží klíčové procedury vygenerovaného algoritmu z předchozího kroku pro export sestavy upnutého dílce do formátu 3D PDF. Export se v proceduře algoritmu nastaví do dočasné složky (temp_3DPDF), nejlépe do adresáře s uloženým projektem zobrazeného dialogového okna. V hlavním dialogovém okně se později nastaví vymazání vytvořených dočasných souborů, za předpokladu správného vygenerování návodky pro obrábění.

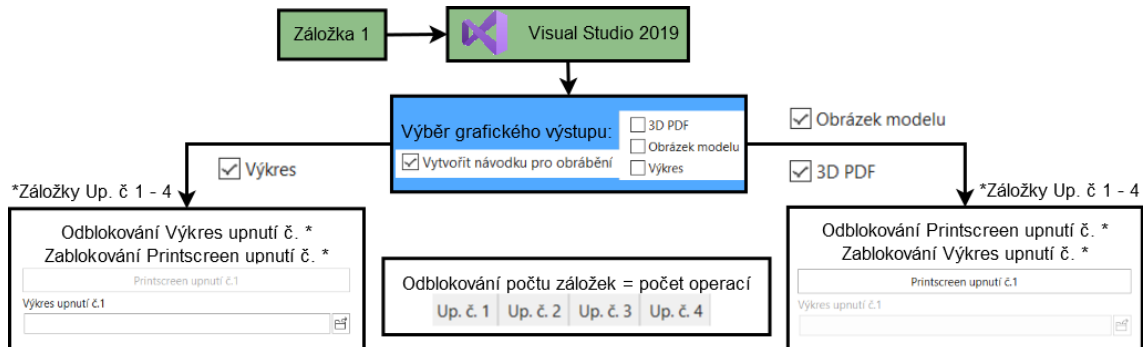


Obr. 6.6 Přiřazení vytvořeného algoritmu funkcím pomocného dialogového okna

Podobným stylem se naprogramují i funkce hlavního dialogového okna. V první řadě se však musí naprogramovat chování samotného dialogového okna. Tvorbu logiky chování prezentuje obrázek 6.7 nebo také vývojový diagram v příloze č. 7, kde vznikla například úplně nová logika vybírání operací, pro které se dokumentace vygeneruje. Vybráním jednoho z grafických výstupů se odblokuje tolik záložek, kolik na dílci existuje operací, to umožní vytvořit jednotlivé listy se samostatnými grafickými výstupy a popisy pro každou operaci. Dialogové okno rovněž naviguje uživatele podle zvoleného grafického výstupu logikou (obr. 6.7, vlevo a vpravo):

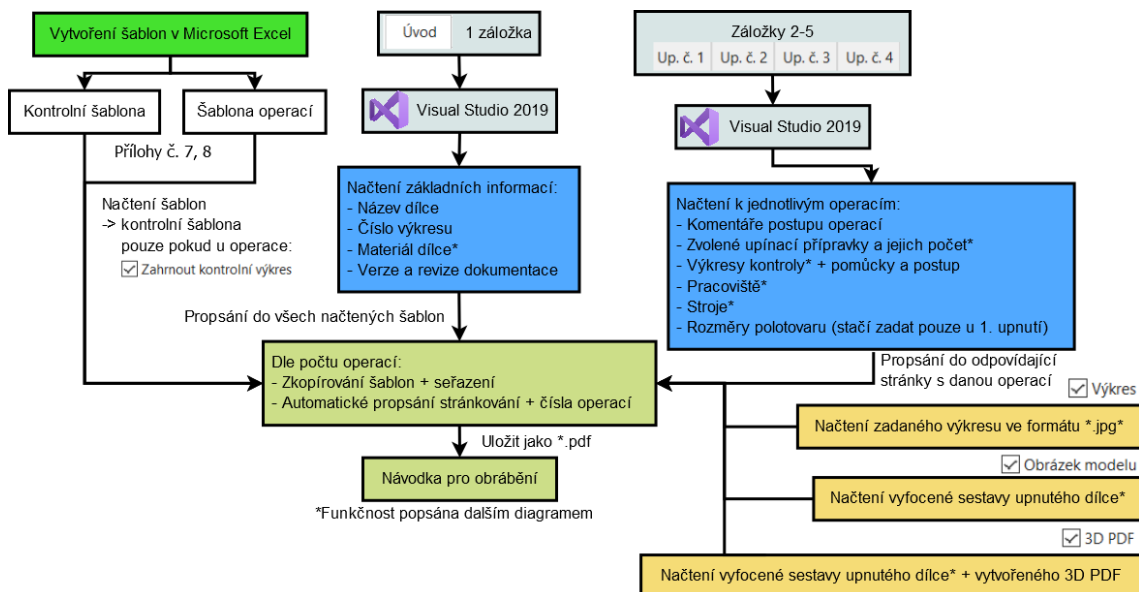
- Grafický výstup = výkres → umožnit nahrát výkres upnutí dílce a zablokovat pořízení snímku

Logika funguje i opačně, v případě zaškrtnutí 3D PDF nebo Obrázek modelu. Výstup ve formátu 3D PDF rovněž obsahuje obrázek sestavy upnutého dílce, a to pro případné zvýraznění některých problematických míst.



Obr. 6.7 Chování hlavního dialogového okna

Konkrétní postup programování funkcí dialogového okna představuje diagram na obrázku 6.8 nebo také vývojový diagram v příloze č. 8 (zpracováno pro dílec se dvěma operacemi, vzhledem k analogii), kde některé dílčí funkce budou rozebrány podrobnějšími diagramy (označeno *). Orientaci diagramem usnadní jeho porovnání s vytvořeným dialogovým oknem na obrázku 6.3.

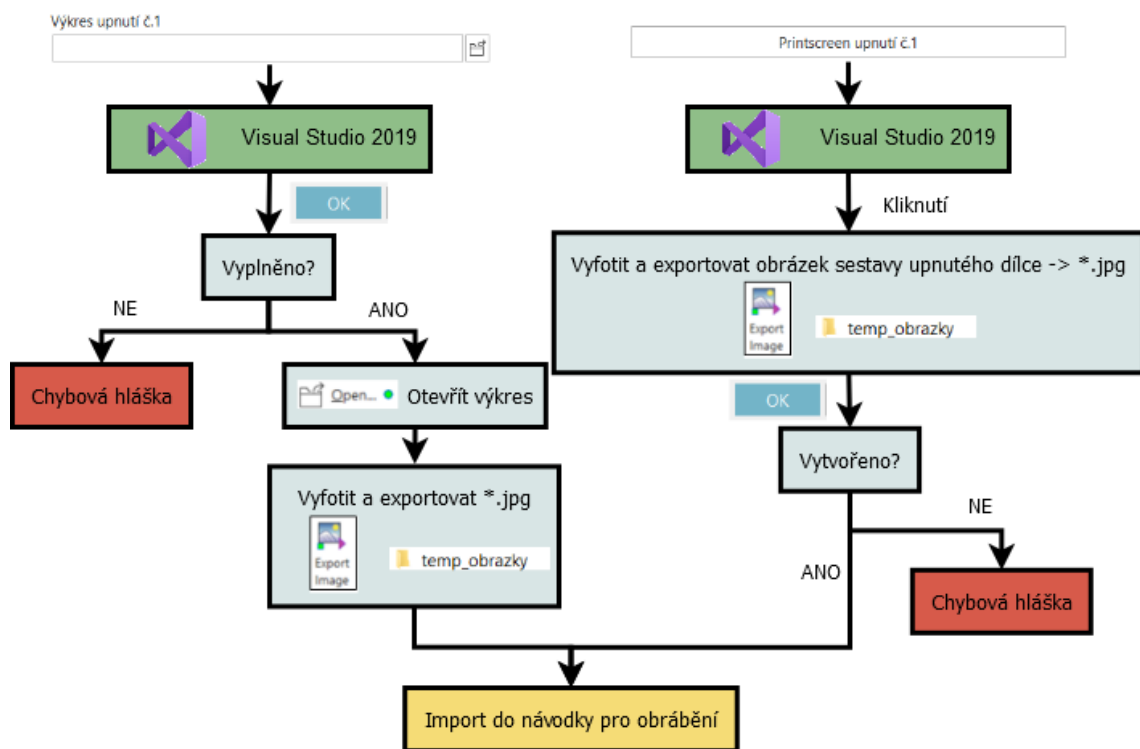


Obr. 6.8 Programování funkcí hlavního dialogového okna – návodka pro obrábění

V prvé řadě se musí vytvořit určité šablony, do kterých se veškeré generované informace propíšu. Za účelem generování komplexní návodky pro obrábění byly vytvořeny dvě šablony, šablona operací (příloha č. 9) a pomocná kontrolní šablona (příloha č. 10). Kontrolní šablona může, ale nemusí být zahrnuta k jednotlivým operacím a umožní přidat výkres tolerovaných prvků součásti a popis způsobu jejich kontroly.

V dalším kroku (obr. 6.8) se šablona operací zkopíruje tolikrát, kolik na dílci existuje operací. Kontrolní šablona se pak zkopíruje ke každé operaci pouze, zaškrtně-li se její zahrnutí. Zkopírované šablony se seřadí za sebe a algoritmem se do všech propíší informace zadané do políček v 1. záložce (úvod – obr. 6.3), tento proces představuje prostřední větev diagramu na obrázku 6.8.

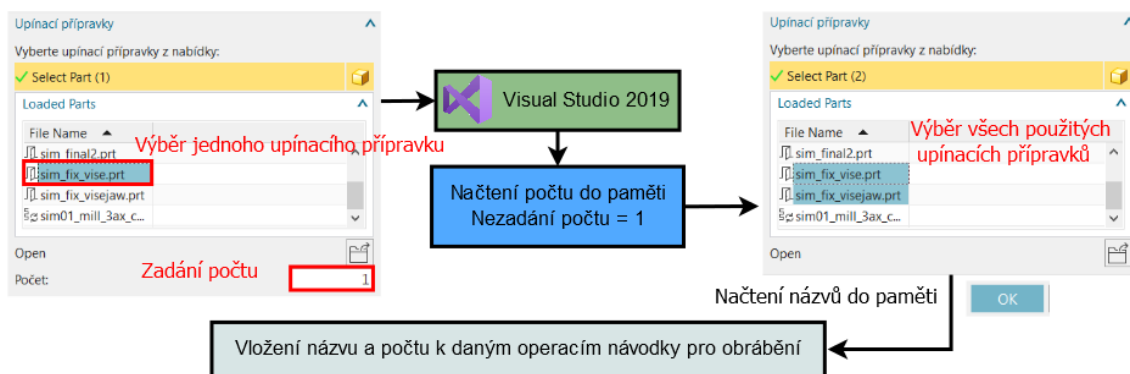
Pravá větev diagramu (obr. 6.8) symbolizuje algoritmus, který načte informace zadávané k jednotlivým operacím (záložky Up. č. 1-4). K těmto informacím se navíc připojí grafický výstup dle volby v úvodní záložce. Způsob, jakým se jednotlivé grafické výstupy získávají, lépe přibližuje diagram na obrázku 6.9.



Obr. 6.9 Programování grafických výstupů – návodka pro obrábění

Zisk jednotlivých grafických výstupů se realizuje pomocí úkonů, nahranych nástrojem **Journaling** (obr. 6.5). Obrázky se exportují ve formátu *.jpg do dočasné složky. Po úspěšném vytvoření návodky pro obrábění se v algoritmu zařadí proces, ve kterém se všechny soubory v dočasných složkách vymažou.

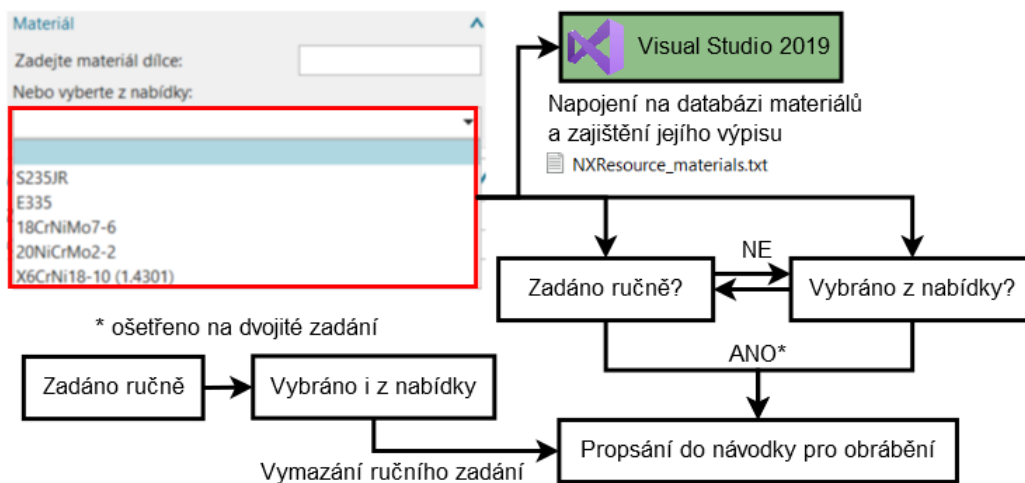
V diagramu na obrázku 6.8 jsou označeny další vybrané funkce (označeno *), jejichž logika by se měla podrobněji popsat. Jmenovitě se jedná o funkce výběru materiálu, pracoviště, stroje a výběru upínacích přípravků a zadání jejich počtu. Programování poslední z vyjmenovaných funkcí definuje diagram na obrázku 6.10.



Obr. 6.10 Programování logiky zadávání upínacích přípravků – návodka pro obrábění

Vybráním pouze jednoho druhu upínacích přípravků se aktivuje pole na zadání jejich počtu, tímto způsobem se navolí počty jednotlivých upínacích přípravků, použitých k upnutí dílce. Při přeskočení tohoto kroku program pracuje u každého s počtem rovným jedné. Při dalším kroku se s pomocí klávesy control (Ctrl) vyberou všechny použité upínací přípravky v dané operaci a proběhne jejich načtení do paměti. Následně, při generování návodky pro obrábění, dojde k přepisu všech načtených informací do dokumentu.

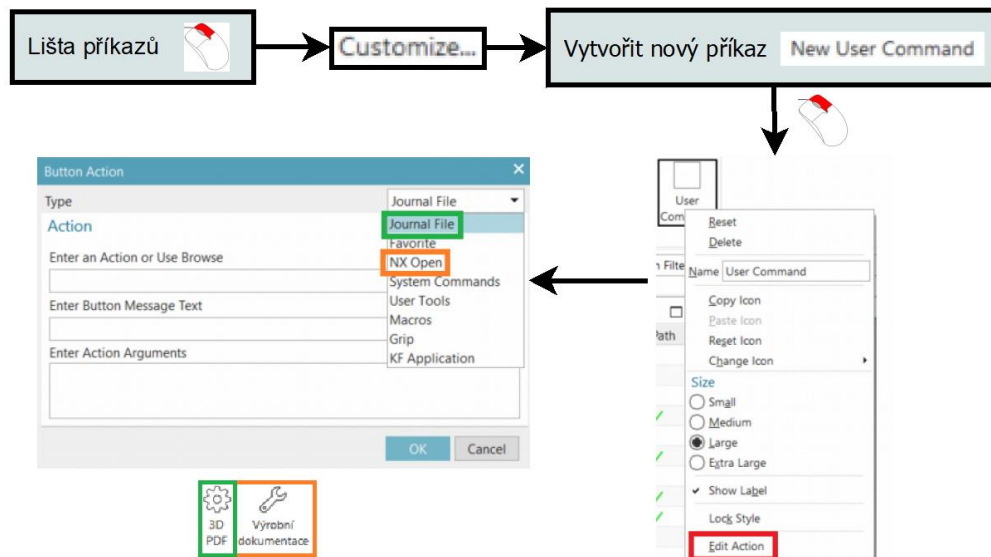
Programování zbylých vyjmenovaných funkcí popisuje, vzhledem k jejich podobnosti, pouze jeden diagram na obrázku 6.11. Jmenovitě je popsána funkce zajišťující zadávání materiálu dílce. Ve zdrojovém kódu dialogového okna se zakomponoval proces načtení seznamu materiálu z externí databáze, zde prezentovanou jako soubor s příponou *.txt. Následně byl naprogramován přepis vybraného či ručně zapsaného materiálu do šablony návodky pro obrábění. Nelze vyplnit obě pole, což je z diagramu čitelné. Logika zbylých funkcí se programuje totožně (pracoviště, stroje).



Obr. 6.11 Programování funkce zadávání materiálu dílce – návodka pro obrábění

5. Implementace dialogových oken do prostředí programu Siemens NX

Následuje přidání naprogramovaných dialogových oken pod vlastní tlačítka na horní lištu příkazů programu Siemens NX, kterým se dialogová okna otevřou. Postup vkládání dialogového okna pod vlastní příkaz vyjasňuje diagram na obrázku 6.12, kde je nastíněná i problematika zdůvodňující rozdělení dialogových oken.

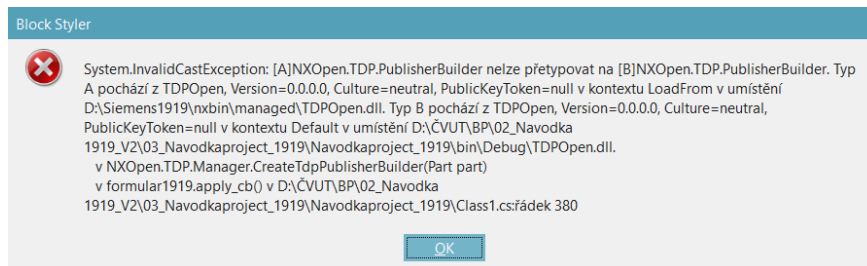


Obr. 6.12 Vytvoření příkazu ke spuštění dialogového okna

Původ problematiky se zřejmě pojí s neoptimalizováním funkce **Publish** (obr. 6.6) pro účely jejího využití v nástrojích **NX Open**, kde se při programování jednotlivých funkcí přidávají reference, které umožňují další práci s nahranými úkony pomocí nástroje **Journaling**. Reference se připojují uvnitř programu, kde dochází k úpravě algoritmu (Visual Studio 2019). Adresář referencí se nalézá v kořenovém adresáři programu Siemens NX ...**NXBIN**\managed. S příchodem nové verze programu Siemens NX, umožňující export sestavy do formátu 3D PDF, přibyla právě nová reference (TDPOpen.dll), která by měla umožňovat s tímto novým nástrojem pracovat. Při nahrání dialogového okna pod příkaz dle obrázku 6.12 a zvolení typu souboru NX Open však vyskočí chyba, ukázaná na obrázku 6.13. Klasifikace dialogového okna jako souboru NX Open se zavádí z důvodu pracování i s jinými referencemi, než jen s referencemi programu Siemens NX, mohou to být například reference programu Microsoft Excel.

Z toho důvodu se problém spojený s referencí TDPOpen.dll vyřešil rozdělením dialogových oken. Okno pro tvorbu 3D PDF souborů se vloží jako **Journal file** (obr. 6.12), do kterého se nemusí připojovat žádná z referencí **NX Open**, protože takto

vytvořený soubor pracuje pouze s úkony uvnitř prostředí Siemens NX. Hlavním dialogovým oknem se naváže a uskuteční se v něm ostatní operace, spojené s generováním výrobní dokumentace. Generování návodky pro obrábění s grafickým výstupem ve formátu 3D PDF se tedy provede prostřednictvím dvou příkazů.



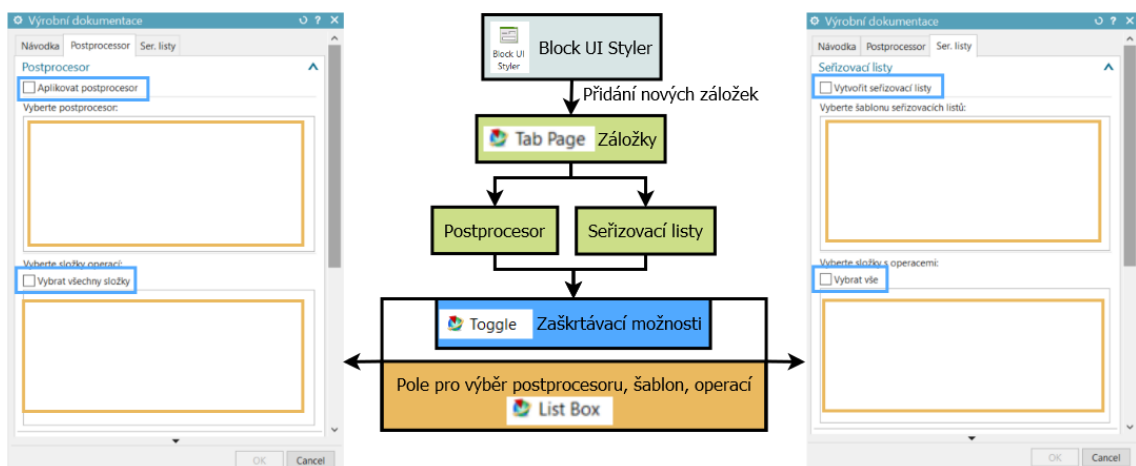
Obr. 6.13 Chyba TDPOpen

6.2 Implementace upravených metod pro generování seřizovacích listů nástrojů a NC programu

Implementace funkcí pro generování seřizovacích listů nástrojů a NC programu se obdobně, jako tvorba předchozí metody, dělí do několika bloků. V blocích se zároveň naváže na návrh řešení i poznatky z kapitoly 5, zejména pak na diagram na obrázku 5.3. Vzhledem k analogii vkládání lze implementaci funkcí popsat současně.

1. Úprava hlavního dialogového okna

Obdobným způsobem, jako se v prvním bloku kapitoly 6.1 vytvořilo hlavní dialogové okno, se zde vloží potřebné záložky a jejich prvky do hlavního dialogového okna pro specifikaci zbylých výrobních dokumentů (NC program, seřizovací listy nástrojů). Úpravu dialogového okna vystihuje obrázek 6.14. Do záložek se použijí pouze funkce **Toggle**, pro výběr všech operací, a **List Box**, pro výběr šablon funkce **Shop Documentation**, výběr **postprocessoru** nebo výběr operací, pro které se dokumentace vygeneruje. Doplněné dialogové okno rovněž zobrazuje obrázek 6.14. Dialogové okno nyní obsahuje 3 hlavní záložky (Návodka, Postprocessor, Seř. listy), kde pod záložku **Návodka** se schovají záložky pro jednotlivá upnutí.



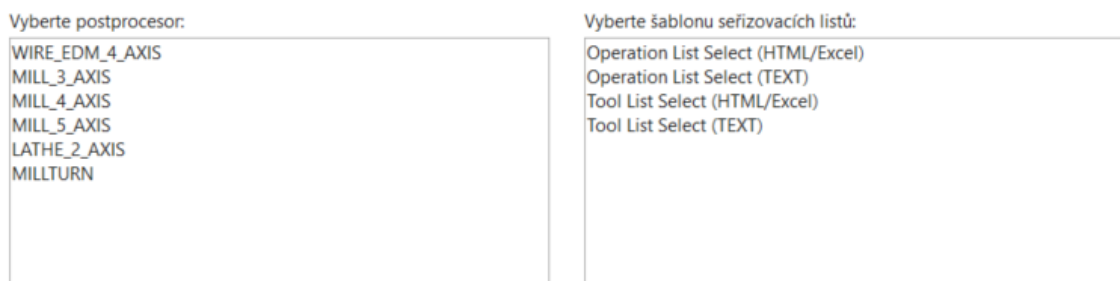
Obr. 6.14 Doplněné hlavní dialogové okno – seřizovací listy nástrojů, postprocessor

2. Načtení seznamů do dialogového okna

V druhém kroku implementace zbylých funkcí dialogového okna se musí nejprve načíst požadované seznamy (šablony funkce Shop Documentation, seznam postprocesorů, seznam vytvořených operací) do prázdných bloků dialogového okna. Načtením šablon Shop Documentation a seznamu postprocesorů se dosáhne propojením prázdných bloků s datovými soubory, které pro tyto funkce využívá i samotný program Siemens NX. Do zdrojového kódu dialogového okna se zařadí proces, který načte do horních prázdných seznamů obou záložek obsah souborů:

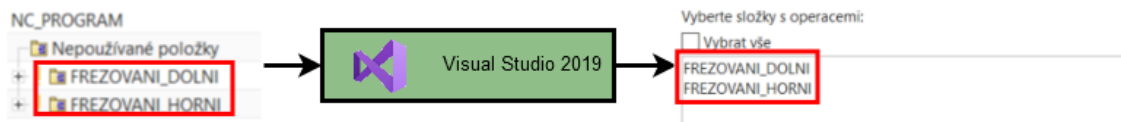
- shop_doc.dat (... \MACH \resource \shop_doc) – záložka seřizovacích listů nástrojů
- template_post.dat (... \MACH \resource \postprocessor) – záložka postprocesoru

Obrázek 6.15 pak zobrazuje již promítnuté obsahy souborů do dialogového okna.



Obr. 6.15 Načtené seznamy postprocesorů a šablon funkce Shop Documentation

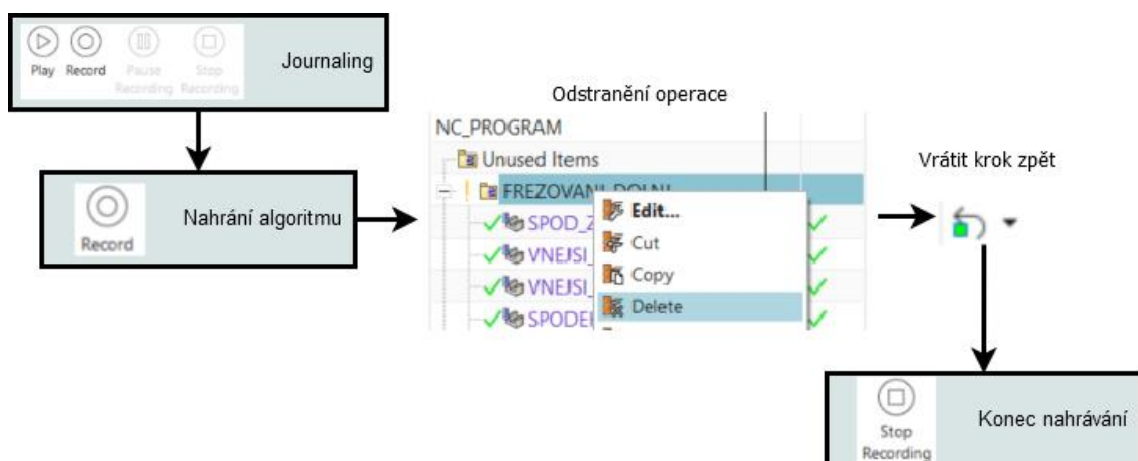
Programováním, pomocí metod **NX Open**, se následně dosáhne vyplnění spodních seznamů dialogového okna aktuálně vytvořenými operacemi na dílci (obr. 6.16).



Obr. 6.16 Promítnutí listu operací do dialogového okna

3. Journaling – tvorba logiky vybírání operací u funkce Shop Documentation

V 3. kroku proběhne vytvoření logiky úpravy funkce **Shop Documentation** k možnosti specifikovat operace, pro které se vytvoří jednotný dokument seřizovacího listu nástrojů. Logiku vystihuje obrázek 6.17, kde se pomocí nástroje **Journaling** nahraje algoritmus vymazání operace a následné vrácení operace zpět.

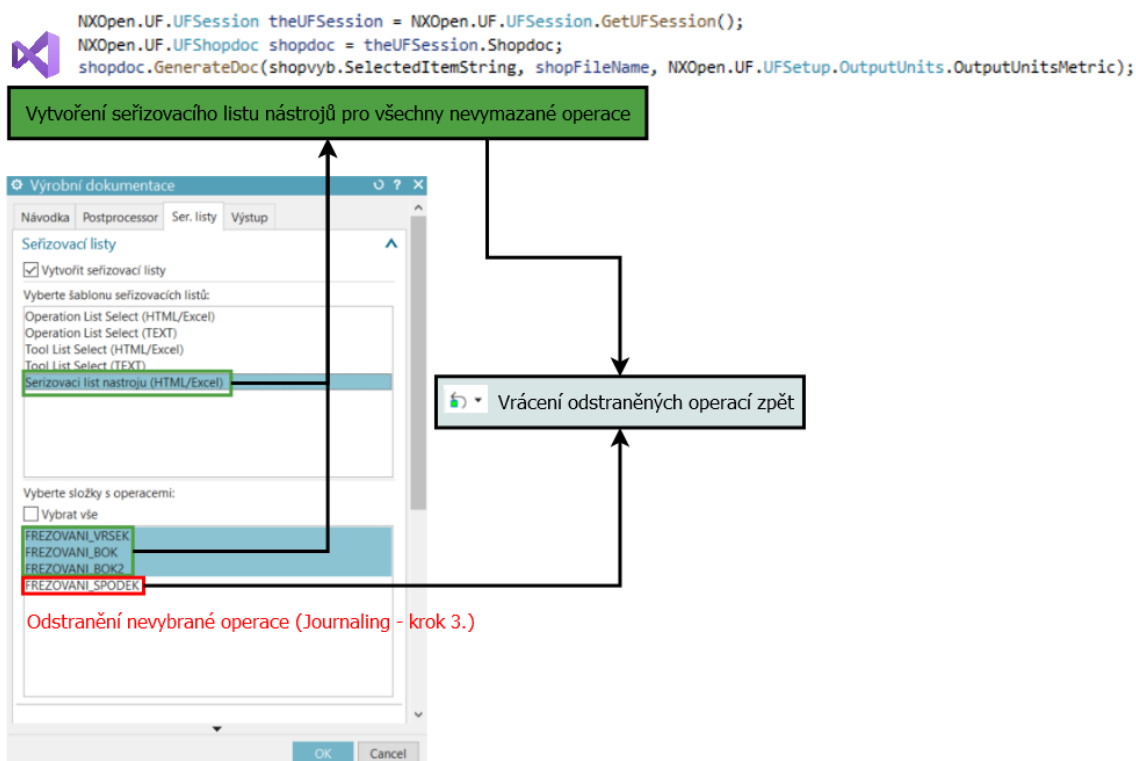


Obr. 6.17 Tvorba logiky výběru operací – seřizovací listy nástrojů

4. Přiřazení vytvořených algoritmů funkcím dialogových oken

Krok 4, stejně jako u tvorby funkce pro generování návodky pro obrábění, představuje tvorbu a přiřazení algoritmů funkcím dialogového okna.

Programování záložky pro generování seřizovacích listů nástrojů vysvětluje diagram na obrázku 6.18, kde implementaci funkce **Shop Documentation** realizují pouhé tři řádky metody NX Open. Musí se však předřadit logika vytvořená v předchozím kroku. Před provedením funkce **Shop Documentation** se nejprve vymažou všechny nevybrané operace a posléze se aplikuje funkce Shop Documentation na všechny nevybrané. Následuje vrácení vymazaných operací zpět.



Obr. 6.18 Aplikace upravené funkce Shop Documentation

Obdobnou metodou sady **NX Open** proběhne implementace funkce postprocesoru do dialogového okna, jen se nepřihadí vytvořená procedura mazání operací, kde samotná funkce postprocesoru umožňuje výběr operací. Soubory s NC programem se generují pro každou operaci separátně, což je žádoucí.

5. Úprava šablony Shop Documentation pro generování vlastní konfigurace seřizovacích listů nástrojů

Posledním krokem, již nesouvisejícího se zajištěním generování výrobní dokumentace, je vytvoření vlastní konfigurace šablony funkce Shop Documentation pro generování seřizovacích listů nástrojů.

Lokace výchozích šablon se uvedla v kapitole 4.1, jejichž náhled se nachází v přílohách č. 5 a 6, kde příloha č. 6 představuje šablonu pro seřizovací listy nástrojů.

Vedle úprav loga, názvu (Tool Sheet → Seřizovací list nástrojů) a odstranění nepotřebného náhledu součásti, který se nachází v levé části první tabulky, proběhne i úprava parametrů nástrojů, generovaných do dokumentu. Část šablony, kde dochází ke generování parametrů, se nachází na obrázku 6.19.

Tool Number	Tool Name	Tool Description	Tool Diameter	Adjust Register	Cutcom Register	Flute Length	Tool Ext. Length	Holder Description	Tool Path Time in Minutes	Operation Name
\$(mom_tool_number)	\$(mom_tool_name)	\$(mom_tool_description)	\$(mom_tool_diameter)	\$(mom_tool_length-adjust_register)	\$(mom_tool_cutcom_register)	\$(mom_tool_flute_length)	\$(mom_tool_extension_length)	\$(mom_holder_description)	\$(mom_toolpath_time)	\$(mom_operation_name)

Obr. 6.19 Výpis parametrů nástroje v šabloně funkce Shop Documentation

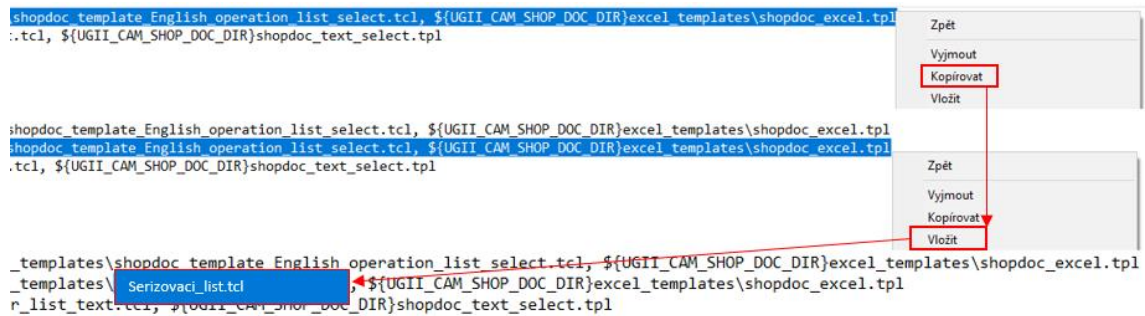
Výpis parametrů se uskutečňuje pomocí mom proměnných (mom variables), jejichž souhrn se nachází na druhém listu souboru s názvem mom_vars, každá proměnná zodpovídá za výpis určitého parametru. Vzhledem k obsáhlosti souhrnu mom proměnných lze snadno dosáhnout vlastní podrobné konfigurace šablony seřizovacích listů nástrojů. [7]

Seznam použitých proměnných do vlastní šablony seřizovacích listů nástrojů, včetně popisu jejich funkce, se nachází v tabulce 6.1. Výslednou podobu šablony obsahuje příloha č. 11.

Tab. 6.1 Seznam použitých mom proměnných – seřizovací listy nástrojů

Proměnná	Popis funkce
mom_tool_number	Číslo nástroje
mom_tool_name	Označení nástroje
mom_tool_diameter	Průměr nástroje
mom_tool_holder_diameter	Průměr držáku
mom_tool_holder_length	Délka držáku
mom_tool_extension_length	Délka nástroje od držáku
mom_holder_description	Popis/název držáku, zadaný v katalogu nástrojů programu Siemens NX
mom_tool_catalog_number	Skladové/katalogové číslo nástroje, zadané v katalogu nástrojů programu Siemens NX
mom_tool_flutes_number	Počet břitů nástroje
mom_operation_name	Výpis úseků, ve kterých se nástroj použije

Nově vytvořená šablona se však musí zahrnout do syntaxe souboru **shop_doc.dat**, aby se propsala do seznamu dialogového okna, viz. obrázek 6.15 v kroku č. 2 této kapitoly. Toho se docílí jednoduchým zkopírováním a vložením již definované šablony uvnitř souboru **shop_doc.dat**, a následným přesměrováním na nově vytvořenou šablonu (obr. 6.20). [7]

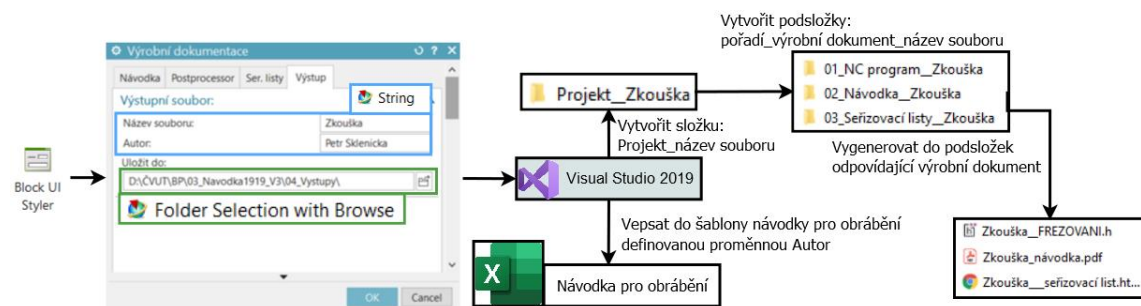


Obr. 6.20 Editace souboru shop_doc.dat

6.3 Zajištění generování výrobní dokumentace do uživatelem specifikovaného adresáře

K naplnění správné funkčnosti dialogového okna ještě zbývá naprogramovat směřování generovaných souborů (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů, NC program) do uživatelem specifikované složky. V dialogovém okně přibude čtvrtá hlavní záložka s názvem **Výstup**. Postupně se pomocí nástroje **Block UI Styler** vloží prvky pro zadání názvu souborů (**String**), autora souborů (**String**), a v neposlední řadě se vloží pole pro specifikaci adresáře, kam se vygenerují výstupní soubory.

Do zdrojového kódu dialogového okna se zapíše procedura zajišťující pojmenování souborů, vložení autora do návodky pro obrábění a přesměrování generovaných souborů do zadaného adresáře. Logika algoritmu bude vytvořit jednu kořenovou složku (*Projekt_název souboru*), která obsahuje další tři podsložky (*01_NC program_název souboru*, *02_Návodka_název souboru*, *03_Seřizovací listy_název souboru*). Uvnitř podsložek se vytvoří odpovídající výrobní dokumenty s předřazeným názvem. Úpravu dialogového okna, včetně veškerých popsaných procedur shrnuje obrázek 6.21.

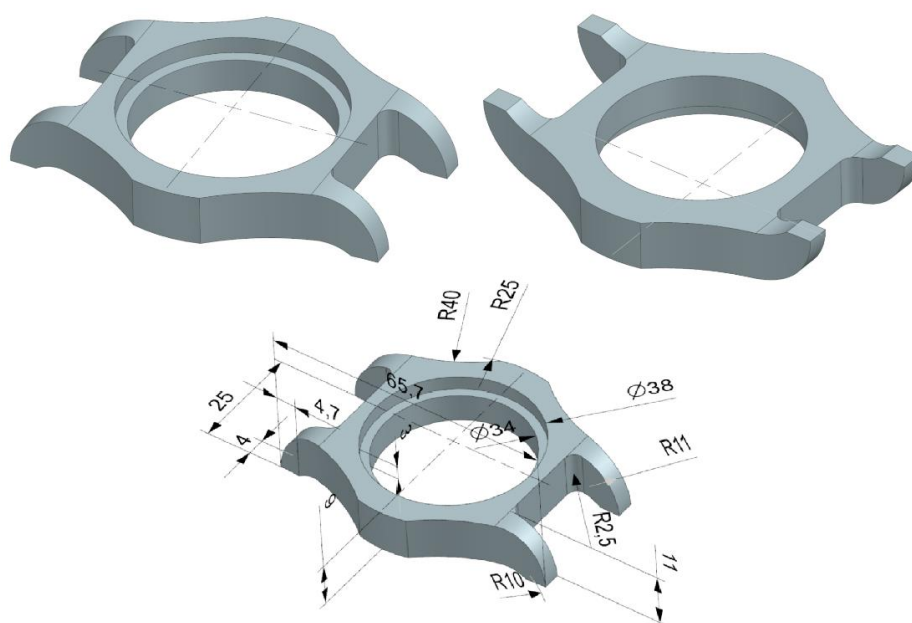


Obr. 6.21 Generování výrobní dokumentace do specifikovaného adresáře s určitým názvem

7. Vytvoření drah nástrojů na vzorovém dílci a ověření vytvořeného řešení

Ověření nově vytvořených a upravených funkcí pro tvorbu výrobní dokumentace v CAM systému Siemens NX proběhne na vzorovém dílci se dvěma frézovacími operacemi. V první části se na dílci vytvoří dráhy nástrojů, a posléze se vygenerují všechny řešené výrobní dokumenty, na nichž se vyhodnotí veškeré možnosti navržených funkcí dialogového okna.

Na obrázku 7.1 se nachází model vytvořeného vzorového dílce, který představuje pouzdro hodinek. V první operaci se obrobí spodní část dílce a boky. Další operací se dílec obrobí z vrchní části. Následovaly by ještě operace broušení, ty pro jednoduchost nejsou uvedeny. Výchozím polotovarem bude kruhová tyč o průměru 75 mm a délce 25 mm. Upínání se uskuteční pomocí sklíčidla.



Obr. 7.1 Model vzorového dílce

Seznam operací a jejich úseků, vytvořených na dílci, se nalézá na obrázku 7.2. Příloha č. 12 doplňuje jednotlivé úseky o obrázky drah nástrojů a podrobnější popis. Důležitým, a především odpovídajícím popisem výrobního postupu a použitých nástrojů, se stanou automaticky vygenerované výrobní dokumenty (návodka pro obrábění, seřizovací list nástrojů, NC program) pomocí vytvořeného řešení. Vygenerované výrobní dokumenty zároveň poslouží jako ověření správné funkčnosti vytvořených funkcí dialogového okna.

NC_PROGRAM	
[-] Nepoužívané položky	
[-] FREZOVANI_DOLNI	
✓ SPOD_ZAROV_FIN	✓
✓ VNEJSI_HR	✓
✓ VNEJSI_FIN	✓
✓ SPODEK_SEMIFIN	✓
✓ SPOD_OBLOUK_FIN	✓
[-] DIRA_34_HR	✓
[-] DIRA_34_FIN	✓
[-] FREZOVANI_HORNI	
✓ HOR_ZAROVNANI_HR	✓
✓ HORNI_SEMIFIN	✓
✓ HORNI_OBLOUK_HR	✓
✓ HORNI_OBLOUK_SEMIFIN	✓
✓ HORNI_OBLOUK_FIN	✓
[-] DIRA_38_FIN	✓

Obr. 7.2 Operace vytvořené na vzorovém dílcí

Pro úplnost se v příloze č. 13 nachází kompletní návod k používání obou vytvořených dialogových oken, podrobnější návod pak lze shlédnout prostřednictvím videa v elektronické příloze č. 1. Podle návodů se pro vzorový dílec vygenerují všechny řešené výrobní dokumenty, které se podrobněji rozebírají níže.

Návodka pro obrábění (přílohy č. 14 a 15, elektronická příloha č. 2)

Návodka pro obrábění byla vygenerována ve dvou verzích, ze tří nabízených. První verzi představuje návodka pro obrábění s 3D PDF výstupy (příloha č. 14, elektronická příloha č. 2). Druhá verze (příloha č. 15) obsahuje grafický výstup v podobě vytvořeného výkresu pro každou operaci. Verze, obsahující pouze snímek sestavy upnutého dílce, není uvedena z důvodu podobnosti s variantou 3D PDF, v této možnosti by se pouze vynechaly listy s 3D PDF výstupem.

První verze (3D PDF) obsahuje 5 listů, kde struktura řazení listů pro každou operaci se řídí logikou:

1. Vyplněná hlavní šablona (příloha č. 9) pro danou operaci s náhledem sestavy
2. Kontrolní postup (volitelné, příloha č. 10)
3. List se sestavou upnutého dílce ve formátu 3D PDF

Na první straně se nachází hlavní list pro první operaci. Ve vrchní části listu se nalézá hlavička, vytvořená z vyplněné první podzáložky dialogového okna (Úvod), a některých automaticky tvořených informací jako datum, stránkování, číslo a název

operace. Hlavičku doplňují i některé zadané hodnoty na druhé podzáložce (Up. č. 1) jako rozměry polotovaru, název pracoviště a stroje.

Prostřední část listu tvoří pořízený náhled na sestavu upnutého dílce. Níže se vypsaly parametry tabulky s upínacími přípravky (zvolený počet a jejich název z podzáložky Up. č. 1) a do vedlejší tabulky se promítnuly vyplněné revize z 1. podzáložky (Úvod). Konec stránky se věnuje zadanému postupu (v záložce Up. č. 1) upínání a obrábění.

Kontrolní postup se pro první operaci vynechal a pokračuje se rovnou listem s okótovanou sestavou upnutého dílce ve formátu 3D PDF, kóty se musí z neznámého důvodu aktivovat zobrazením součásti z horního pohledu (pravé tlačítko myši → Zobrazení → Top).

Třetí stranu dokumentu již opět tvoří hlavní list druhé operace, analogicky vyplněný jako hlavní list první operace. Na předposlední stranu se umístil volitelný list s kontrolním postupem, který opět začíná podobnou hlavičkou jako hlavní listy. Hlavička se vyplňuje analogicky k hlavním listům operace, kde přibyl automaticky vyplněný název výkresu dle pojmenovaného souboru s výkresem. Vybraný soubor s kontrolním výkresem se importuje do prostřední části listu. V další části se nachází tabulka s použitými měřidly a pomůckami. Předchozí tabulku následují řádky s kontrolním postupem. Poslední stránka se dle struktury opět věnuje sestavě upnutého dílce ve formátu 3D PDF.

Druhá varianta strukturou připomíná tu předchozí, změní se pouze formát grafických výstupů a vynechají se listy ve 3D PDF formátu. Řazení listů lze opět popsat logikou:

1. Vyplněná hlavní šablona (příloha č. 9) pro danou operaci s vytvořeným výkresem
2. Kontrolní postup (volitelné, příloha č. 10)

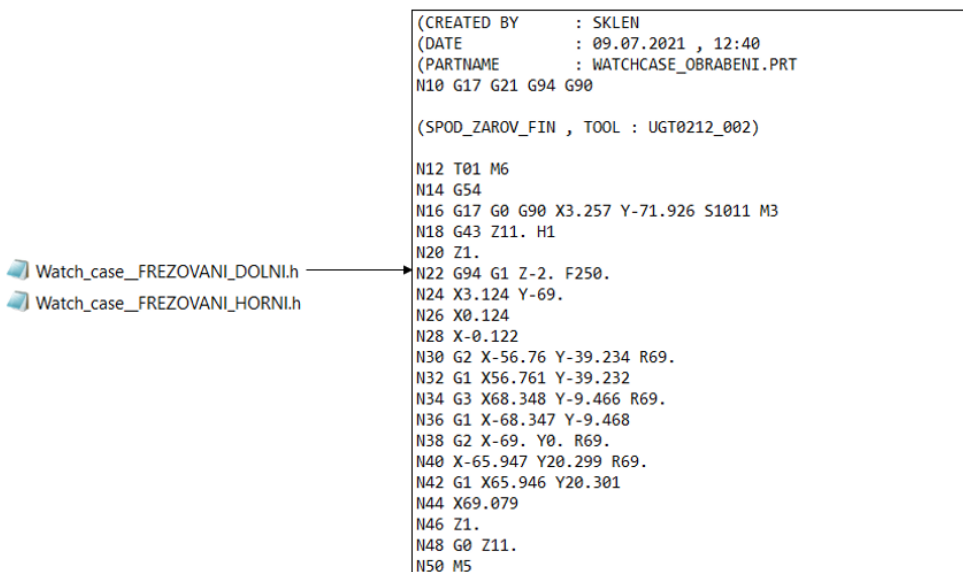
Seřizovací list nástrojů (příloha č. 16)

Seřizovací list nástrojů byl vygenerován podle upravené šablony (příloha č. 11) funkce Shop Documentation, výsledný dokument se nachází v příloze č. 16. Pro pouhou ukázkou funkčnosti se k obrábění použily ukázkové nástroje z knihovny programu Siemens NX.

Dokument tvoří pouze jedna strana, kde v horní části byla opět vygenerována zjednodušená hlavička. Téměř všechny parametry se generují pomocí mom proměnných, nakonfigurovaných ve vlastní šabloně. Popis jednotlivých parametrů upřesňuje tabulka 6.1 či šablona v příloze č. 11. Soubor se vytvořil ve formátu *.html a s využitím aplikace Microsoft Excel může projít úpravou. Z toho důvodu se v hlavičce dává prostor k doplnění případných poznámek, totéž platí pro poslední buňky v řádcích jednotlivých nástrojů.

NC program

Vygenerováním NC programu k jednotlivým operacím se naplnil vytyčený cíl generování NC programu spolu s doprovodnou výrobní dokumentací (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů). Vygenerovaly se dva soubory s příponou *.h, představující NC program pro každou operaci. Příkládat kompletní NC program by bylo bezpředmětné, už jen z hlediska použití výchozího postprocesoru a stroje z programu Siemens NX. Na obrázku č. 7.3 se nalézají alespoň část NC programu, představující první úsek z první operace.



Watch_case_FREZOVANI_DOLNI.h →

Watch_case_FREZOVANI_HORNI.h →

```
(CREATED BY      : SKLEN      )
 (DATE           : 09.07.2021 , 12:40 )
 (PARTNAME       : WATCHCASE_OBRABENI.PRT )
 N10 G17 G21 G94 G90

 (SPOD_ZAROV_FIN , TOOL : UGT0212_002)

 N12 T01 M6
 N14 G54
 N16 G17 G0 G90 X3.257 Y-71.926 S1011 M3
 N18 G43 Z11. H1
 N20 Z1.
 N22 G94 G1 Z-2. F250.
 N24 X3.124 Y-69.
 N26 X0.124
 N28 X-0.122
 N30 G2 X-56.76 Y-39.234 R69.
 N32 G1 X56.761 Y-39.232
 N34 G3 X68.348 Y-9.466 R69.
 N36 G1 X-68.347 Y-9.468
 N38 G2 X-69. Y0. R69.
 N40 X-65.947 Y20.299 R69.
 N42 G1 X65.946 Y20.301
 N44 X69.079
 N46 Z1.
 N48 G0 Z11.
 N50 M5
```

Obr. 7.3 Část vygenerovaného NC programu

8. Závěr

V rešerši bakalářské práce bylo analyzováno vícero možností programů pro automatické generování dat v přípravě výroby. Mezi CAM programy patřil Autodesk Fusion 360, který ukázal svou pokročilou automatizaci v generování doprovodné výrobní dokumentace (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů) s vazbou na postprocessor. K širšímu nadhledu proběhla rešerše i dalšího CAM programu Mastercam, který navíc disponuje vlastní aplikací pro snadnou uživatelskou konfiguraci výrobní dokumentace. Mastercam nabízí pořídit vícero snímků upnutého dílce v návodce pro obrábění, což je u tohoto výrobního dokumentu směrodatné kritérium.

K analýze celkového rozpětí problematiky by však bylo slepé rozebrat pouze CAM programy, jelikož existuje celá řada nadstaveb těmto programům, proto se v rešerši dal prostor i nadstavbovým programům jako NCreports a CAD Studio HSM Tools. První z jmenovaných slouží jako samostatný nástroj pro vytváření výrobní dokumentace v řešeném CAM programu Siemens NX a poskytuje uživateli zcela nové alternativní prostředí pro tvorbu návodků pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů. V návodce pro obrábění dovoluje uživateli pořídit vícero snímků upnutého dílce nebo alternativní grafický výstup v podobě výkresu upnutého dílce. Rozbor nástroje NCreports rovněž ověřil spektrum možností později použité sady nástrojů NX Open.

Zajímavým rozšířením problematiky se staly samostatné programy HSi4M a SOFTIP MONACO, které pracují s importovanými soubory z CAD a CAM programů. Program HSi4M importované soubory následně do jisté míry automaticky zpracovává a vytváří sled operací.

V závěru rešerše proběhla i analýza funkcí řešeného CAM programu Siemens NX. Zpracovaná analýza následně pomohla utvořit tři návrhy variant řešení, ze kterých vznikla metodika postupu při tvorbě vlastního uceleného řešení generování výrobních dokumentů, zasazeného do jednoho hlavního dialogového okna.

Pomocí nástrojů NX Open se podařilo vybudovat vlastní prostředí (dialogové okno) v CAM programu Siemens NX, které splňuje veškeré vytyčené cíle. Prostředí spojuje tvorbu řešených výrobních dokumentů (návodka pro obrábění, seřizovací listy nástrojů) s generováním NC programu pomocí postprocessoru.

Plným využitím sady nástrojů NX Open se vytvořila kompletní funkce, umožňující automatické generování návodky pro obrábění. Generování návodky pro obrábění disponuje třemi variantami grafických výstupů, jmenovitě výkres, obrázek náhledu na upnutý dílec a interaktivní sestavu upnutého dílce ve formátu 3D PDF. Grafický výstup ve formátu 3D PDF udává vytvořenému řešení velkou výhodu oproti ostatním programům. Do řešení byla zakomponována zcela nová logika rozlišování počtu vytvořených operací, detailní grafické výstupy pak lze přidat ke každé operaci a obsluha stroje má kompletní přehled o upínání dílce do stroje pro každou operaci.

Proběhla automatizace zadávání označení a počtu upínacích přípravků, čímž se vytvořená funkce může chlubit na úkor ostatních řešených programů a nadstaveb. Do vlastního řešení návodek pro obrábění se navíc zabudovala volitelná možnost přidat list s kontrolním postupem a výkresem tolerovaných prvků součásti.

Dialogové okno však poskytuje i samozřejmé funkce, vyplňující návodku pro obrábění, jako propsání názvu a pořadí operace, výběr materiálu, stroje a pracoviště z databáze, zadávání rozměrů polotovaru, revizí a postupu operace. Dialogové okno rovněž naviguje uživatele k správnému zadávání dat k jednotlivým typům grafických výstupů, a při špatném zadání varuje vyskakovacími okny. Některé z vyjmenovaných funkcí dialogového okna popisují vývojové diagramy v přílohách č. 7 a 8.

Sadou NX Open byla do dialogového okna vytvořené funkce importována funkce Shop Documentation, která v něm slouží pro generování seřizovacích listů nástrojů. K požadované funkčnosti úspěšně proběhla i modifikace importované funkce Shop Documentation za pomoci nástroje Journaling (NX Open). V neposlední řadě byla nakonfigurována vlastní šablona pro generování seřizovacích listů nástrojů.

Přednost vytvořeného řešení je implementace postprocesoru do vytvořeného dialogového okna. Spojila se tak tvorba NC programu s dalšími výrobními dokumenty, čímž se splnil hlavní cíl bakalářské práce a řešení tak předčí ostatní probírané programy.

V poslední fázi vlastního řešení byl vymodelován vzorový dílec, na kterém byly vytvořeny odpovídající dráhy nástrojů. Vzorový dílec byl následně využit k ověření správné funkčnosti vlastního řešení.

Velké úskalí představovala implementace tvorby 3D PDF grafického výstupu. Problém se podařilo vyřešit pomocným dialogovým oknem, které následně upozorňuje na pokračování do hlavního dialogového okna. Export 3D PDF v CAM programu Siemens NX je relativně nová funkce, proto ještě nejsou odladěné veškeré operace s ní spjaté, a dá se do budoucna očekávat vyřešení tohoto problému s příchodem novějších verzí programu, kde by již nebylo nutné použití pomocného dialogového okna.

Výsledná bakalářská práce přesahuje svůj vytyčený rozsah, a to z důvodu podrobnější analýzy více dostupných zdrojů v rešeršní části. Podrobná analýza byla žádoucí z důvodu prozkoumání možností současných programů v řešené oblasti výrobní dokumentace, kde se zároveň zjistilo, že žádný z programů nebyl schopný splnit všechna vytyčená kritéria pro generování výrobní dokumentace. Mezi kritéria patří například generování podrobné návodky pro obrábění s patřičnými grafickými výstupy a provázání tvorby výrobní dokumentace s generováním NC programu. V neposlední řadě byla značná obsáhlost způsobena podrobným popisem s doprovodnými obrázky ve vlastním řešení.

Závěrem lze tedy konstatovat, že cíle této bakalářské práce byly plnohodnotně splněny.

Seznamy

Použitá literatura

- [1] HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. Strojírenská technologie 2. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-127-1.
- [2] KOČMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Brno: CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [3] MÁDL, Jan. Technologie obrábění. [2. přeprac. vyd.]. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [4] KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění: Návody ke cvičení. Praha: Vydavatelství Čes. vys. uč. techn., 1995. ISBN 80-01-01355-3.
- [5] SADÍLEK, Marek. CAM systémy v obrábění I. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-248-1821-4.
- [6] KACHYŇA, Stanislav. Deskripce nástrojových soustav pro obrábění nerotačních součástí. Brno, 2008. Dostupné také z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30290253.pdf>. Bakalářská práce. VUT-FSI. Vedoucí práce Petr Blecha.
- [7] STORRS, Bill. NX 9 Shop Docs Template Customization Tutorial. Siemens Digital Industries Software [online]. 2019, 29.8. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://community.sw.siemens.com/s/article/nx-9-shop-docs-template-customization-tutorial>
- [8] Autodesk Help. To Create a Setup Sheet. Autodesk [online]. 2018, 23.4. [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/support/autodesk-hsm/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Inventor-HSM/files/GUID-831FAC23-B276-4449-B3F0-F126F14F6A6E-htm.html>
- [9] MATTERA, Mike. Fusion 360 CAM - Intro to Turning 09 - Postprocessing & Setup Sheets [video]. YouTube [online]. 2016 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=0J8Z87-UWoE&ab_channel=MikeMattera

- [10] Autodesk Help. Editing CAM setup sheets created with Fusion 360. Autodesk [online]. 2019, 30.9. [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/support/autodesk-hsm/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/Editing-CAM-setup-sheets-created-with-Fusion-360.html>
- [11] Autodesk HSM. Post Development Basic Training Part 3 [video]. YouTube [online]. 2016 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=KHdTRNGMpO0&list=PLjUJwQJKr2zfMEwqUoUEFpw-Px8dAxnEL&index=3&ab_channel=AutodeskHSM
- [12] NX Open: What Is NX Open [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api#uid:index_nxopen_prog_guide:id1142146:what_is_nxopen
- [13] PAWLUS, Marek. NCreports – easily generate advanced summary of your CAM project! NCmatic [online]. 2017, 7.8. [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://ncmatic.com/technical-tuesday/ncreports>
- [14] PAWLUS, Marek. NCREPORTS - NCMATIC. NCmatic [online]. [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://ncmatic.com/toolkit/doc/ncreports>
- [15] Aplikace HSM Tools pro Inventor HSM. CAD Studio [online]. [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://www.cadstudio.cz/hsmtools>
- [16] Setup sheet post. Autodesk [online]. 2019 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://forums.autodesk.com/t5/fusion-360-manufacture/setup-sheet-post/td-p/8542162>
- [17] MASTERCAM 2017-2020 - INTRO - Setup Sheets - vtpros.net (2018-2019) [video]. YouTube [online]. 2016 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=QRGpUCAmug&ab_channel=VTPROS.NET
- [18] RICHARDSON, Kevin. Active Reports Webinar [video]. YouTube [online]. 2015 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=f_I2CaxwxwU&ab_channel=FASTechInc

- [19] CAD-based planning time calculation. HSi4M [online]. [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: <https://www.hsi4m.com/en/software/costing-and-work-planning/cad-based-planning-time-calculation>
- [20] Technický informační systém nové generace. SOFTIP [online]. [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: https://www.softip.sk/media/filer_public/1f/22/1f22853c-acee-45fc-9410-1344d9f83d0b/softip_monaco_letak-cz.pdf
- [21] ARNOLD, Ivan. S přípravou výroby pomůže software od firmy SOFTIP, a.s. PlasticPortal.eu [online]. 2019, 15.3. [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/s-pripravou-vyroby-pomuze-software-od-firmy-softip-as/c/5562/>
- [22] NX Open: User requirements. Siemens [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api#uid:index_nxopen_prog_guide:id1142156:reader_requirements
- [23] NX Open: Finding files and syntax notes. Siemens [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api#uid:index_nxopen_prog_guide:id1142156:finding_files_syntax
- [24] NX Open: Available Toolkits. Siemens [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api#uid:index_nxopen_prog_guide:id1142146:available_toolkits
- [25] ROARK, Jeff. Getting Started NX Journaling. wmcac [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: <http://www.wmcae.org/session-nx/2016/3/17/p3ltyev91qd77omh0ik5uqgpciizl>
- [26] Block UI Styler Introduction. Siemens [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api#uid:index_blockstyler:intro_intro_v1
- [27] Programming Tools. Siemens [online]. [cit. 2021-6-21]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10/nx_api/#uid:index
- [28] KRATĚNA, Tomáš. Dokumentace NX. Praha.

[29] WRIGHT, Jim. Using Post Builder in NX CAM. Siemens [online]. 2020 [cit. 2021-6-21]. Dostupné z: <https://community.sw.siemens.com/s/article/using-post-builder-in-nx-cam-video-series>

Seznam použitých programů

Siemens NX 12
Siemens NX 1919
Visual Studio 2019
Microsoft Excel

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Členění výrobního (technologického) postupu [2].....	11
Obr. 2.2 Složitější nástrojová sestava rohové frézy [6]	15
Obr. 3.1 Schéma výroby součásti pomocí CAD a CAM systémů [5]	17
Obr. 3.2 Lokace funkce Setup Sheet CAM systému Autodesk Fusion 360 [8]	18
Obr. 3.3 Alternativní lokace funkce Setup Sheet CAM systému Autodesk Fusion 360 [9]	19
Obr. 3.4 Součást s vyznačenými dráhami nástrojů a popsány rozměry v souřadnicovém systému [8]	20
Obr. 3.5 Seřizovací list operace [8]	20
Obr. 3.6 Popis prvního úseku operace spolu s použitým nástrojem [8]	20
Obr. 3.7 Proměnné pro výstup parametrů nástrojů [11]	21
Obr. 3.8 Tvorba výrobní dokumentace funkcí postprocesoru v Autodesk Fusion 360 [16]	21
Obr. 3.9 Postup vytváření výrobní dokumentace v Mastercam [17]	23
Obr. 3.10 Volání funkce NCreports [14]	24
Obr. 3.11 Konfigurační okno NCreports [14].....	25
Obr. 3.12 Volba výrobní dokumentace – NCreports [14]	25
Obr. 3.13 Setup Sheet Data – NCreports [13]	26
Obr. 3.14 Funkce HSM Tools [15]	27
Obr. 3.15 Dialogové okno funkce Take snapshot screen [15].....	27
Obr. 3.16 Sled operací a úseků v programu HSi4M [19]	28

Obr. 3.17 Prostředí tvorby výrobní dokumentace v SOFTIP MONACO [21].....	29
Obr. 4.1 Funkce Shop Documentation v horní liště programu Siemens NX.....	30
Obr. 4.2 Postup tvorby výrobní dokumentace pomocí Shop Documentation a nabídka šablon	31
Obr. 4.3 Ukázka drah nástrojů – Path Image [7]	32
Obr. 4.4 Ovládací panel nástroje Journaling.....	33
Obr. 4.5 Tvorba dialogových oken pomocí Block UI Styler.....	33
Obr. 4.6 Načtení požadovaných parametrů nástrojů – Post Builder [28].....	35
Obr. 4.7 Vygenerování výstupního souboru – Post Builder [28]	36
Obr. 5.1 Schéma navržených variant řešení	37
Obr. 5.2 Logika výběru operací a aplikace funkce Shop Documentation	38
Obr. 5.3 Dosažení cílených výstupů pomocí funkce Shop Documentation a nástrojů NX Open.....	39
Obr. 5.4 Příklad vytvořeného dialogového okna pro 1. variantu řešení	40
Obr. 5.5 Příklad dialogového okna pro 2. variantu řešení	42
Obr. 5.6 Diagram využití NX Open k tvorbě návodky pro obrábění	43
Obr. 6.1 Myšlenkové schéma postupu navrženým řešením	47
Obr. 6.2 Konkrétní postup tvorby dialogového okna – návodka pro obrábění	48
Obr. 6.3 Výsledné dialogové okno – návodka pro obrábění	49
Obr. 6.4 Tvorba dialogového okna – 3D PDF	49
Obr. 6.5 Diagram nahrávání jednotlivých úkonů v Siemens NX.....	50
Obr. 6.6 Přiřazení vytvořeného algoritmu funkcím pomocného dialogového okna.....	51
Obr. 6.7 Chování hlavního dialogového okna	52
Obr. 6.8 Programování funkcí hlavního dialogového okna – návodka pro obrábění.....	52
Obr. 6.9 Programování grafických výstupů – návodka pro obrábění.....	53
Obr. 6.10 Programování logiky zadávání upínacích přípravků – návodka pro obrábění	54
Obr. 6.11 Programování funkce zadávání materiálu dílce – návodka pro obrábění.....	54
Obr. 6.12 Vytvoření příkazu ke spuštění dialogového okna.....	55
Obr. 6.13 Chyba TDPOpen.....	56
Obr. 6.14 Doplněné hlavní dialogové okno – seřizovací listy nástrojů, postprocesor ...	57
Obr. 6.15 Načtené seznamy postprocesorů a šablon funkce Shop Documentation.....	57
Obr. 6.16 Promítnutí listu operací do dialogového okna.....	58

Obr. 6.17 Tvorba logiky výběru operací – seřizovací listy nástrojů.....	58
Obr. 6.18 Aplikace upravené funkce Shop Documentation	59
Obr. 6.19 Výpis parametrů nástroje v šabloně funkce Shop Documentation.....	60
Obr. 6.20 Editace souboru shop_doc.dat	61
Obr. 6.21 Generování výrobní dokumentace do specifikovaného adresáře s určitým názvem.....	61
Obr. 7.1 Model vzorového dílce	62
Obr. 7.2 Operace vytvořené na vzorovém dílci	63
Obr. 7.3 Část vygenerovaného NC programu.....	65

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Dělení výrobních dokumentů dle účelu [1, 2]	13
Tab. 5.1 Vícekriteriální tabulka navržených řešení	45
Tab. 6.1 Seznam použitých mom proměnných – seřizovací listy nástrojů.....	60

Seznam textových příloh

Příloha č. 1 – Manuálně vytvořená návodka pro obrábění	P1
Příloha č. 2 – Výrobní dokumentace z Autodesk Fusion 360	P2
Příloha č. 3 – Šablona pro vytvoření upravitelné výrobní dokumentace v Autodesk Fusion 360	P3
Příloha č. 4 – Výrobní dokumentace vytvořená pomocí NCreports.....	P4
Příloha č. 5 – Výchozí šablona pro technologickou návodku pro obrábění v CAM systému Siemens NX.....	P5
Příloha č. 6 – Výchozí šablona pro seřizovací listy nástrojů v CAM systému Siemens NX	P6
Příloha č. 7 – Vývojový diagram chování dialogového okna.....	P7
Příloha č. 8 – Vývojový diagram algoritmu generování 3D PDF návodky pro obrábění	P8
Příloha č. 9 – Šablona operací návodky pro obrábění	P9
Příloha č. 10 – Kontrolní šablona návodky pro obrábění	P10
Příloha č. 11 – Šablona seřizovacích listů nástrojů	P11
Příloha č. 12 – Dráhy nástrojů na vzorovém dílci	P12

Příloha č. 13 – Návod k použití vytvořeného prostředí pro generování výrobní dokumentace	P13
Příloha č. 14 – Návodka pro obrábění – verze s 3D PDF	P14
Příloha č. 15 – Návodka pro obrábění – verze s výkresem.....	P15
Příloha č. 16 – Seřizovací list nástrojů	P16

Seznam elektronických příloh

Elektronická příloha č. 1 – Video návod k použití vytvořeného prostředí pro generování výrobní dokumentace.....	EP1
Elektronická příloha č. 2 – Návodka pro obrábění – verze s 3D PDF.....	EP2

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

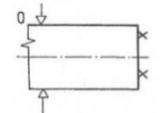
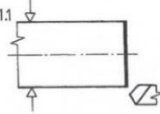
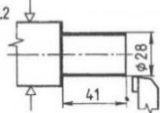
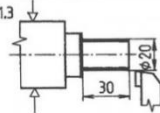
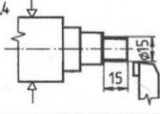
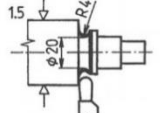
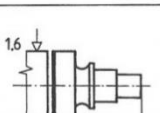
Ústav výrobních strojů a zařízení

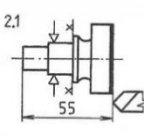
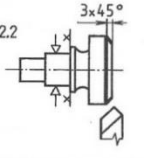


Přílohová část

Generování dat z CAM systému Siemens NX pro realizaci výroby na CNC
stroji

Příloha č. 1 – Manuálně vytvořená návodka pro obrábění

NÁVODKA PRO OBRÁBĚNÍ		Číslo výkresu sestavy III. A-2-3-000	Číslo výkresu součásti III. A-4-3-010	Součást KOLÍK	Operace SOUSTRUŽENÍ	Číslo operace 1				
Hrubá hmotnost 0,81		Čistá hmotnost 0,24	Polotovary – rozměr KR 42 – 2 000 Z – ČSN 42 6510.12 celkem 3 tyče		Počet kusů celkem 100	Počet kusů v dávce 100				
Třída odpadu 001		List 1		Počet listů 3						
Operace Pracoviště	Popis práce	Vyobrazení	Výrobní pomůcky ČSN	Výrobní podmínky						Dělník OŘJ
				s (f)	h	i	v	n	l	
1/44280	Vysunout na doraz, upnout		Kleština 42 ČSN 24 2145							
	1/1 Zarovnat čelo		Nůž Ø 20 × 63 ČSN 22 3915 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	0,5	1	47,5	360	25	
	1/2 Soustružit Ø 28 – 41		Nůž Ø 20 × 63 ČSN 22 3926 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	3 1	2 1	47,5	540	45	
Operace Pracoviště	Popis práce	Vyobrazení	Výrobní pomůcky ČSN	Výrobní podmínky						Dělník OŘJ
				s (f)	h	i	v	n	l	
	1/3 Soustružit Ø 20 – 30		Nůž Ø 20 × 63 ČSN 22 3926 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	3 1	1 1	47,5	750	34	
	1/4 Soustružit Ø 15 – 15		Nůž Ø 20 × 63 ČSN 22 3926 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	2 0,5	1 1	47,5	1 000	19	
	1/5 Soustružit zápich R4 na Ø 20		Nůž 16 × 16 × 80 upravený ČSN 22 3921 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	4	1	47,5	750	8	
	1/6 Upíchnout na délku 55,5		Nůž 16 × 4 × 80 ČSN 22 3920 Posuvka ČSN 25 1238	0,2	3	1	47,5	360	25	

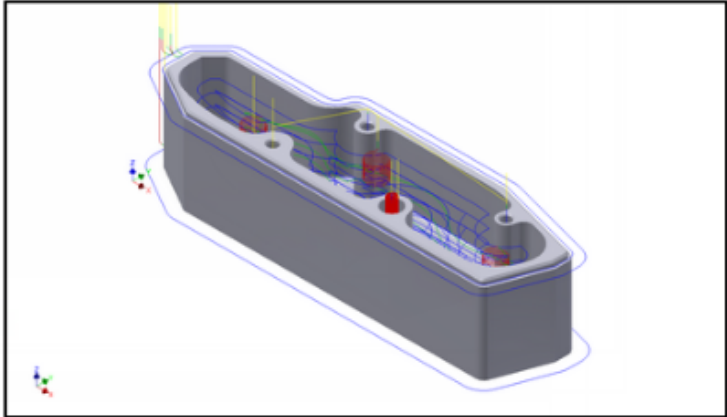
Operace Pracoviště	Popis práce	Vyobrazení	Výrobní pomůcky ČSN	Výrobní podmínky						Dělník OŘJ
				<i>s</i> (f)	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	
2/44280	Otočit, upnout do kleštiny za $\varnothing 20$		Kleština 20 ČSN 24 2145							
	2/1 Zarovnat čelo na délku 55		Nůž $\varnothing 20 \times 63$ ČSN 22 3915	0,2	0,5	1	47,5	360	25	
			Posuvka ČSN 25 1238							
	2/2 Zkosit hranu $3 \times 45^\circ$		Nůž $\varnothing 20 \times 63$ ČSN 22 3914	0,2	3	1	47,5	360	7	
	Vyjmout z kleštiny		Posuvka ČSN 25 1238							
3/98630	Konečná kontrola množství, rozměrů a vzhledu	podle výkresu	Posuvné měřítko ČSN 25 1238	–	–	–	–	–	–	
4/96260	Celé konzervovat tukem		Konzervační tuk	–	–	–	–	–	–	
informace	Předat do skladu									
<i>l</i> – délka dráhy nástroje <i>x</i> – opěrné body		\downarrow – upínací síly \uparrow	Vypracoval Pelc Datum 6. 5. 1998	Kontroloval Nový Datum 7. 5. 1998			Poznámky			

[1]

Příloha č. 2 – Výrobní dokumentace z Autodesk Fusion 360






Setup Sheet

JOB DESCRIPTION: Setup1
DOCUMENT PATH: Tutorial2.cam360

Job	
<p>WCS: #0</p> <p>Stock: DX: 152mm DY: 42mm DZ: 36mm</p> <p>PART: DX: 150mm DY: 40mm DZ: 35mm</p> <p>Stock Lower in WCS #0: X: 0mm Y: 0mm Z: -36mm</p> <p>Stock Upper in WCS #0: X: 152mm Y: 42mm Z: 0mm</p>	

Total
<p>NUMBER OF OPERATIONS: 8</p> <p>NUMBER OF TOOLS: 8</p> <p>TOOLS: T3 T5 T11 T33 T34 T43 T50 T60</p> <p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -36mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 6770.37mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 855.96mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 11m:36s</p>

<p>Operation 1/8</p>		
<p>DESCRIPTION: 2D Contour2</p> <p>STRATEGY: Contour 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>STOCK TO LEAVE: 0mm</p> <p>MAXIMUM STEP-OVER: 9.5mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -36mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 809.92mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 89.24mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:5s (9.3%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T3 D3 L3</p> <p>TYPE: flat end mill</p> <p>DIAMETER: 10mm</p> <p>LENGTH: 50mm</p> <p>FLUTES: 3</p> <p>HOLDER: BT40 - B4C4-0016</p>
		
<p>Operation 2/8</p>		
<p>DESCRIPTION: 2D Pocket3</p> <p>STRATEGY: Pocket 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.1mm</p> <p>STOCK TO LEAVE: 0.5mm/0mm</p> <p>MAXIMUM STEP-DOWN: 5mm</p> <p>MAXIMUM STEP-OVER: 5mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -26mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 855mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2500rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 4791.9mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 49mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:46s (58.3%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T11 D11 L11</p> <p>TYPE: bullnose end mill</p> <p>DIAMETER: 10mm</p> <p>CORNER RADIUS: 1mm</p> <p>LENGTH: 50mm</p> <p>FLUTES: 4</p> <p>HOLDER: BT40 - B4C4-0016</p>
		

Operation 4/8 DESCRIPTION: Drill7 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -21mm MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm CUTTING DISTANCE: 29.95mm RAPID DISTANCE: 78.8mm ESTIMATED CYCLE TIME: 4S (0.6%) COOLANT: Flood	T33 D33 L33 TYPE: drill DIAMETER: 4.5mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 58.5mm FLUTES: 3 HOLDER: CT40 - Drill Chuck - 0mm-5mm	
Operation 5/8 DESCRIPTION: Tapping M5 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -14mm MAXIMUM FEEDRATE: 0mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1000rpm CUTTING DISTANCE: 114mm RAPID DISTANCE: 109.83mm ESTIMATED CYCLE TIME: 0S (0%) COOLANT: Flood	T43 D43 L43 TYPE: right hand tap DIAMETER: 5mm PITCH: 1mm/turn LENGTH: 48mm FLUTES: 3 HOLDER: CT40 - Drill Chuck - 1mm-13mm	
Operation 6/8 DESCRIPTION: 2D Pocket8 STRATEGY: Pocket 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.1mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 0.5mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -6mm MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 529.65mm RAPID DISTANCE: 30mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:1s (8.8%) COOLANT: Flood	T5 D5 L5 TYPE: flat end mill DIAMETER: 4mm LENGTH: 25mm FLUTES: 3 HOLDER: BT40 - B4C4-0011	
Operation 7/8 DESCRIPTION: Drill9 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -3.5mm MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 67.5mm RAPID DISTANCE: 195.33mm ESTIMATED CYCLE TIME: 8S (1.2%) COOLANT: Flood	T60 D60 L60 TYPE: countersink DIAMETER: 10mm TIP ANGLE: 90° LENGTH: 30mm FLUTES: 3 HOLDER: BT40 - B4C4-0016	
Operation 8/8 DESCRIPTION: 2D Contour10 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 9.5mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -1.95mm MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm CUTTING DISTANCE: 360.71mm RAPID DISTANCE: 25.95mm ESTIMATED CYCLE TIME: 22S (3.2%) COOLANT: Flood	T50 D50 L50 TYPE: chamfer mill DIAMETER: 10mm TAPER ANGLE: 45° LENGTH: 30mm FLUTES: 3 HOLDER: BT40 - B4C4-0016	

Příloha č. 3 – Šablona pro vytvoření upravitelné výrobní dokumentace v Autodesk Fusion 360

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Program	Setup Sheet										Date				
2	\$program.name	Overview										\$program.generationTime				
3	Comment											Part				
4	\$program.comment											\$program.partName				
5																
6	Reference	Job	\$program.jobDescription													
7		Programmer	\$program.user													
8	Part	DX	\$program.partDX													
9		DY	\$program.partDY													
10		DZ	\$program.partDZ													
11	Stock	DX	#HODNOTA!													
12		DY	#HODNOTA!													
13		DZ	#HODNOTA!													
14		X min	\$program.stockLowerX													
15		Y min	\$program.stockLowerY													
16		Z min	\$program.stockLowerZ													
17		X max	\$program.stockUpperX													
18		Y max	\$program.stockUpperY													
19		Z max	\$program.stockUpperZ													
20	Toolpath	WCS #	\$program.workOffset													
21		# Operations	\$program.numberOfSections													
22		# Tools	\$program.numberOfTools													
23		Machining Time	\$program.cycleTime													
24		Feed Distance	\$program.cuttingDistance													
25		Rapid Distance	\$program.rapidDistance													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Program	Setup Sheet										Date				
2	\$program.name	Operations										\$program.generationTime				
3	Comment											Part				
4	\$program.comment											\$program.partName				
5																
6	ID	Operation	WCS #	Tool #	Strategy	Machining Time	Feed Distance	Coolant	Stock to Leave	Axial Stock to Leave	Tolerance	Stepdown	Stepover	Spindle Speed	Maximum Feed	
7	\$operation.description	\$operation.strategy	\$operation.cycleTime	\$operation.feedRate	\$operation.coolant	\$operation.stockToLeave	\$operation.axialStockToLeave	\$operation.tolerance	\$operation.stepdown	\$operation.stepover	\$operation.spindleSpeed	\$operation.maximumFeed				

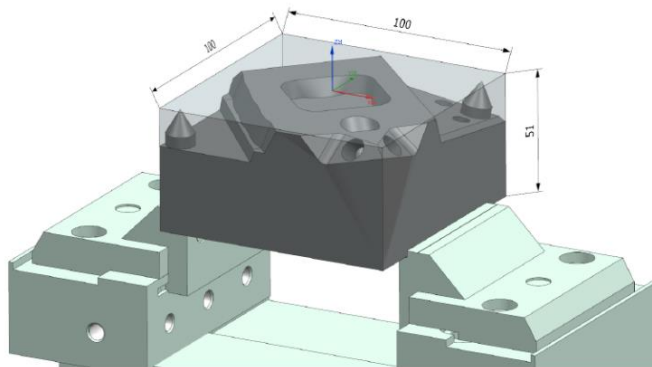
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Program	Setup Sheet										Date		
2	\$program.name	Tools										\$program.generationTime		
3	Comment											Part		
4	\$program.comment											\$program.partName		
5														
6	Tool #	Length #	Diameter #	Diameter	Corner Radius	Taper Angle	Type	Holder	Body Length	Feed Distance	Maximum Spindle Speed	Maximum Feed	Machining Time	
7	\$tool.number	\$tool.lengthOffset	\$tool.diameterOffset	\$tool.diameter	\$tool.cornerRadius	\$tool.taperAngle	\$tool.type	\$tool.holderDescription	\$tool.bodyLength	\$tool.cuttingDistance	\$tool.maximumSpindleSpeed	\$tool.maximumFeed	\$tool.cycleTime	

Dostupné z <http://www.autodesk.com>

[10]

Příloha č. 4 – Výrobní dokumentace vytvořená pomocí NCreports

D:\data\inwe\ncmatic\projects\2017\NCreports\testpart\458.987.356.CNC.prt

458.987.356
SETUP SHEET


Customer	ACME INC.	Date	2017-08-07 23:32:12
Part Number	777.666.123	Revision	02
Job #	44	Operation #	01
Total Time	0h 21m 28s	Cutting Time	0h 16m 34s
Program Group	458.987.356	Generated by	Marek Pawlus

Notes

Sample notes

Lots of space for description
...multiline

Setup Information	
Fixture Offset	XY Location
G54	Center of Top Face of Stock
Z min	Z Location
-24.820	Top of Stock



2017-08-07 23:32:12

Page 1 of 1

 Custom Report Design: www.ncmatic.com

D:\temp\M86_NK_CAM_Demo_NX1101_v5.3\M86_Demo_NX1101_v5.3\Demo_folder\10_Mill-Turn_Flange_mm\Part_Files\sim15_millturn_setup_simumerik_mm_dual_sync.prt

SIM15_MILLTURN_SETUP
OPERATION LIST

Operation Name				
TAP_S1P_THREAD				
Tool				
UGT0371_006				
Method		Stock		
DRILL_METHOD		0.00		
Spindle Speed [rpm]	Surface Speed [s/mm]	Cutting Feed	Feed per Tooth	
2000	251	250	0.0313	
Z min		Depth per Cut		
251.000		4.00		
Time		Cutting Time		
0h 0m 24s		0h 0m 9s		
Operation Name				
PLANAR_MILL_ROUGH				
Tool				
UGT0201_088				
Method		Stock		
MILL_FINISH		1.00/0.00		
Spindle Speed [rpm]	Surface Speed [s/mm]	Cutting Feed	Feed per Tooth	
2578	81	412	0.0400	
Z min		Depth per Cut		
243.000		0.00		
Time		Cutting Time		
0h 0m 50s		0h 0m 40s		

2017-08-12 18:33:14

Page 9 of 12

 Custom Report Design: www.ncmatic.com

PHASE_1										TOOL LIST		
T# 1										FACE_MILL_DIA_44		
Tool desc:										This is a 3D solid tool assembly example		
Holder desc:										Sample description of a holder.		
Shank Diameter: 0.00										Shank Length: 0.00		
D = 44.00	L _{tool} = 10.00	FL = 10.00	Reach = 10.00	T = 0h 16m 30s	Dt = 0.00	D1 = 40.00	D2 = 63.00	D3 = N/A				
R1 = 0.80	L _{total} = 136.00	#FL = 6	Z _{min} = -76.00	Tc = 0h 16m 18s	lt = 0.00	L1 = 100.00	L2 = 26.00	L3 = N/A				
T# 2										EM_20		
Tool desc:										Milling Tool-5 Parameters		
Holder desc:										Large compression		
Shank Diameter: 0.00										Shank Length: 0.00		
D = 20.00	L _{tool} = 75.00	FL = 50.00	Reach = 75.00	T = 0h 6m 24s	Dt = 0.00	D1 = 40.00	D2 = 50.00	D3 = 63.00				
R1 = 0.00	L _{total} = 216.25	#FL = 3	Z _{min} = -25.50	Tc = 0h 5m 35s	lt = 0.00	L1 = 10.35	L2 = 40.00	L3 = 15.90				
T# 5										EM_10		
Tool desc:										Milling Tool-5 Parameters		
Holder desc:										649.487.14.157		
Shank Diameter: 0.00										Shank Length: 0.00		
D = 10.00	L _{tool} = 75.00	FL = 40.00	Reach = 50.00	T = 0h 4m 54s	Dt = 0.00	D1 = 40.00	D2 = 63.00	D3 = N/A				
R1 = 0.00	L _{total} = 211.00	#FL = 2	Z _{min} = -56.00	Tc = 0h 4m 8s	lt = 0.00	L1 = 60.00	L2 = 26.00	L3 = N/A				



2018-01-17 20:40:52

Page 1 of 2

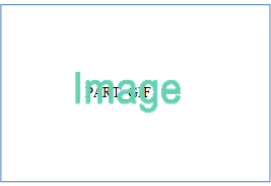
 Custom Report Design: www.ncmatic.com

[13, 14]

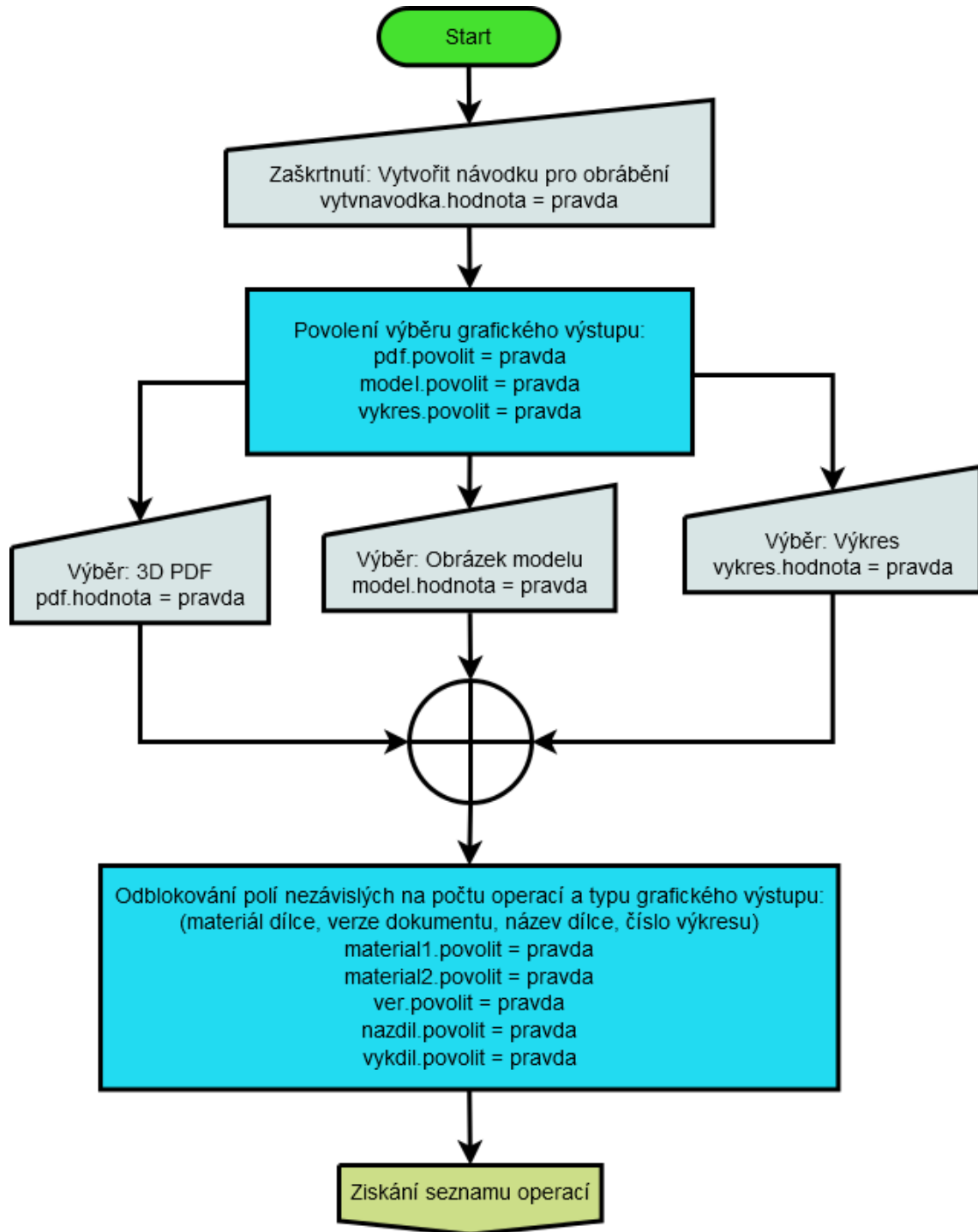
Příloha č. 5 – Výchozí šablona pro technologickou návodku pro obrábění v CAM systému Siemens NX

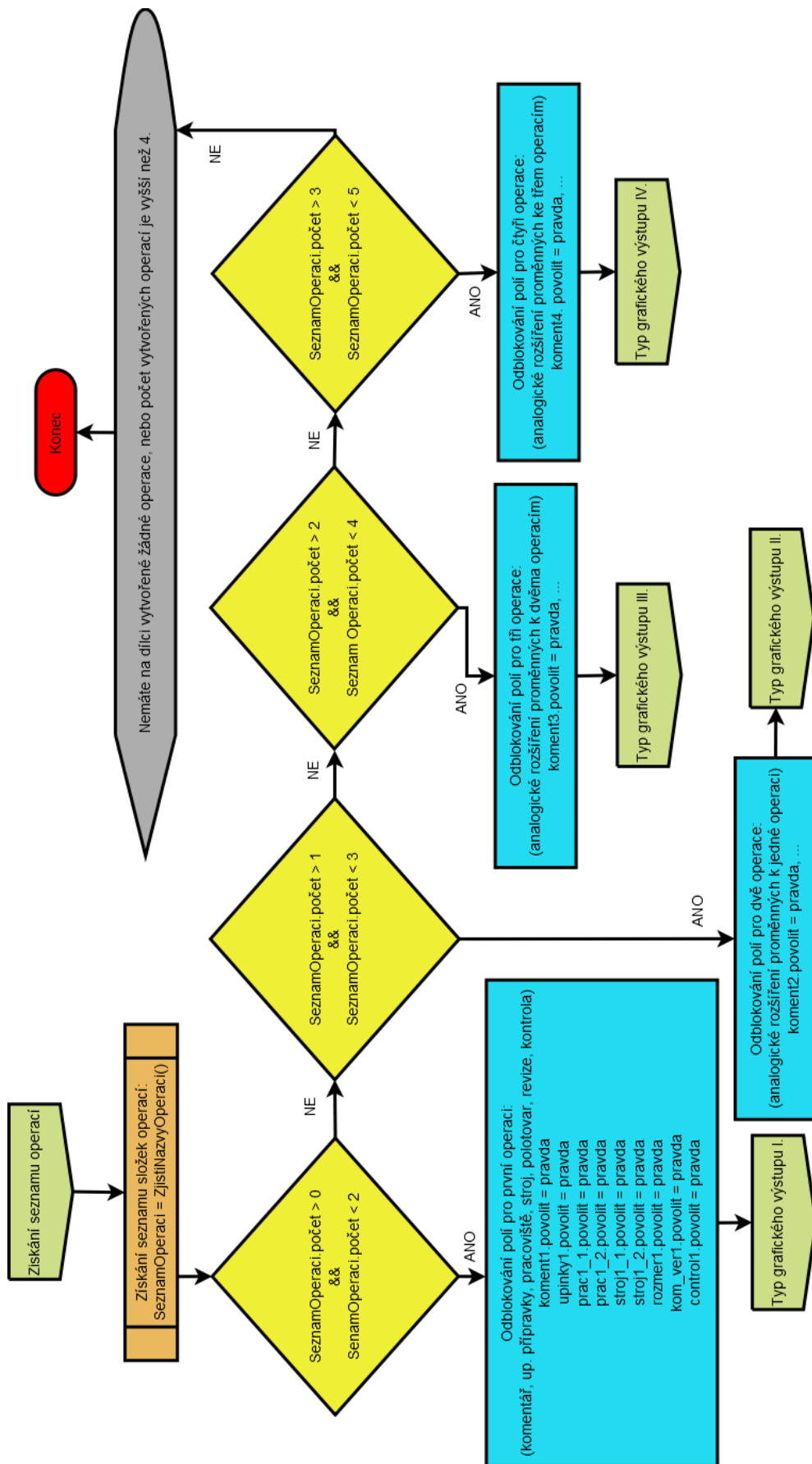
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		###PAGE CONTENT LENGTH###			10	IN	###REPEAT TITLE###			No			
2		###BODY_START###											
3		Page: \${cur_page} of \${total_pages}											
4		SIEMENS											
5		Program Sheet											
6													
7		###TITLE_START###											
8		Part name: \${mom_part_name}			Drawing name: \${mom_atr_PART_DRWNAME}								
9		Unit: \${mom_Output Unit}			Part number: \${mom_atr_PART_PARTNUM}								
10		Pictures :				Description :							
11													
12		###TABLE_START###											
13													
14		Index	Operation Name	Type	Program	Machine Mode	Tool Name	Tool Path Time in Minutes	Path Image				
15		\${my_index}	\${mom_operation_name}	\${mom_operation_type}	\${mom_oper_program}	\${mom_machine_mode}	\${mom_oper_tool}	\${mom_toolpath_time}					
16		###TABLE_END###											
17		Author :	\${mom_logname}		Checker :	\${mom_logname}		Date :	\${mom_date}				
18													
19		###BODY_END###											

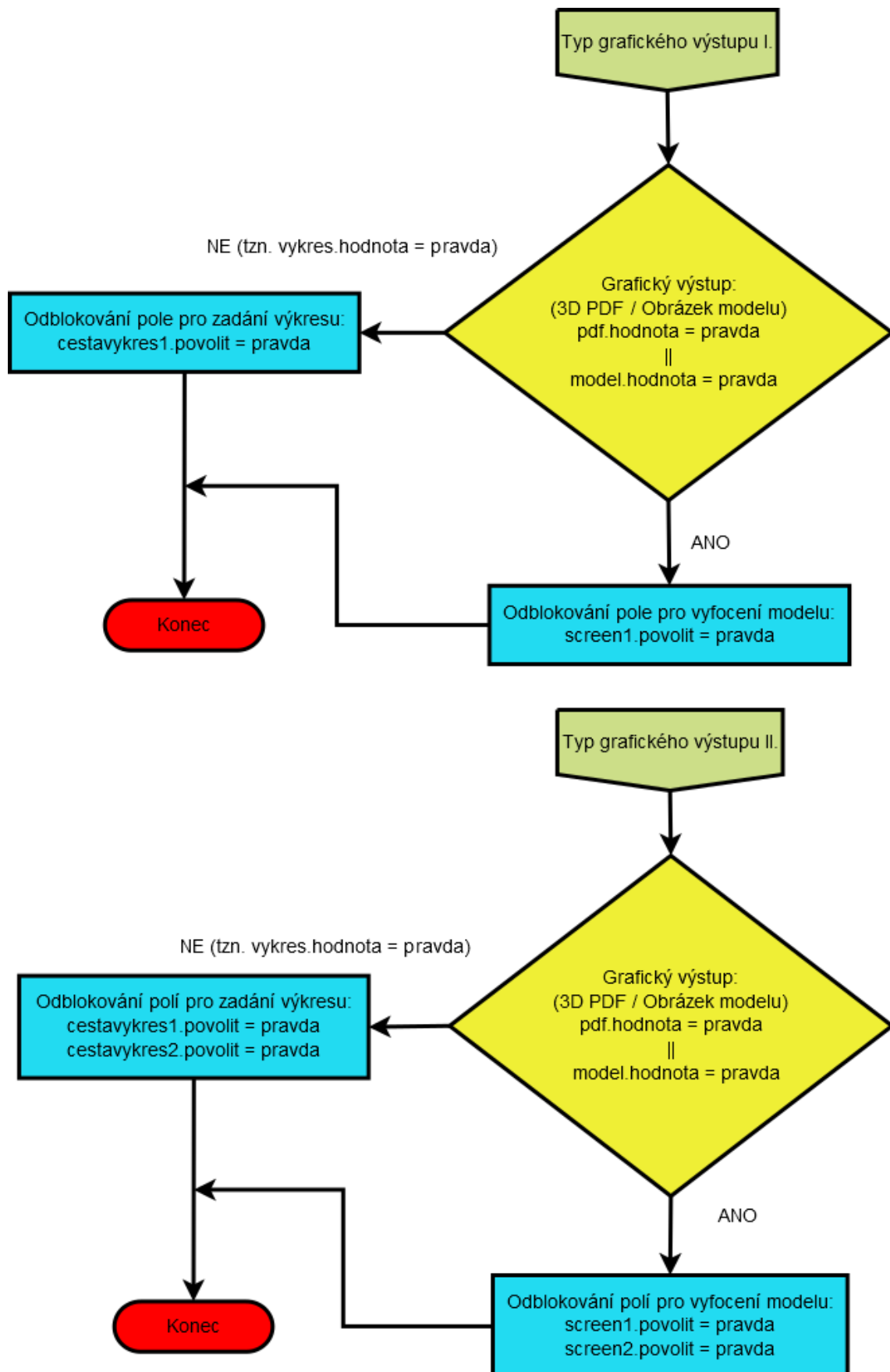
Příloha č. 6 – Výchozí šablona pro seřizovací listy nástrojů v CAM systému Siemens NX

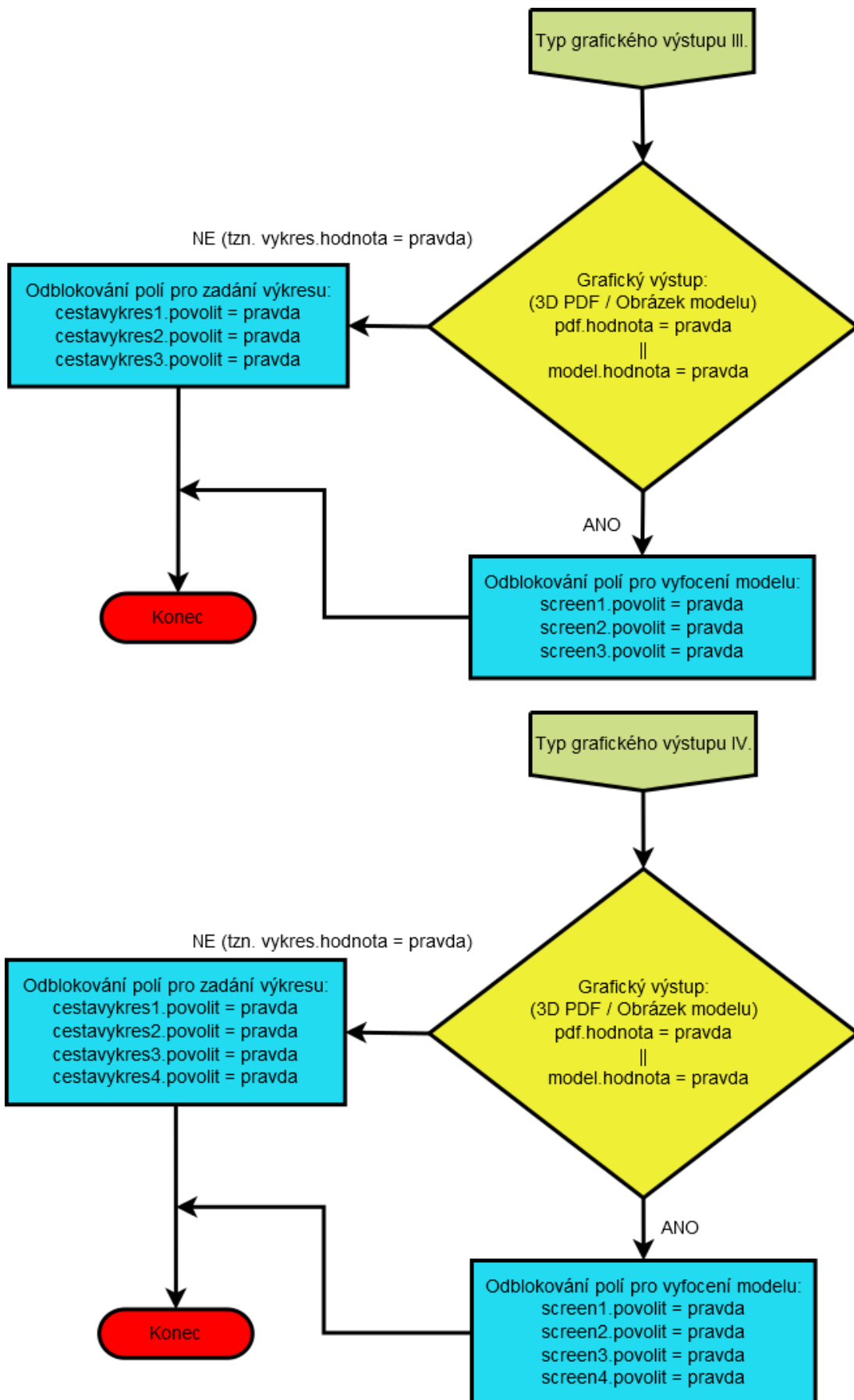
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	###PAGE CONTENT LENGTH			0	IN	###REPEAT TITLE#			No							
2	###BODY_START###															
3	Page: \${cur_page} of \${total_pages}															
4	SIEMENS															
5	Tool Sheet															
6	###TITLE_START###															
7	###TITLE_START###															
8	Part name: \${mom_part_name}								Drawing name: \${mom_atr_PART_DRWNAME}							
9	Unit: \${mom_OutputUnit}								Part number: \${mom_atr_PART_PARTNUM}							
10	Pictures :								Description :							
11																
12	###TABLE_START###															
13	###TABLE_START###															
14	Tool Number	Tool Name	Tool Description	Tool Diameter	Adjust Register	Cutcom Register	Flute Length	Tool Ext. Length	Holder Description	Tool Path Time in Minutes	Operation Name					
15	\${mom_tool_number}	\${mom_tool_name}	\${mom_tool_description}	\${mom_tool_diameter}	\${mom_tool_length_adjust_register}	\${mom_tool_cutcom_register}	\${mom_tool_flute_length}	\${mom_tool_extension_length}	\${mom_holder_description}	\${mom_toolpath_time}	\${mom_operation_name}					
16	###TABLE_END###															
17	Author :	\${mom_logname}	Checker :	\${mom_logname}								Date :	\${mom_date}			
18																
19	###BODY_END###															

Příloha č. 7 – Vývojový diagram chování dialogového okna

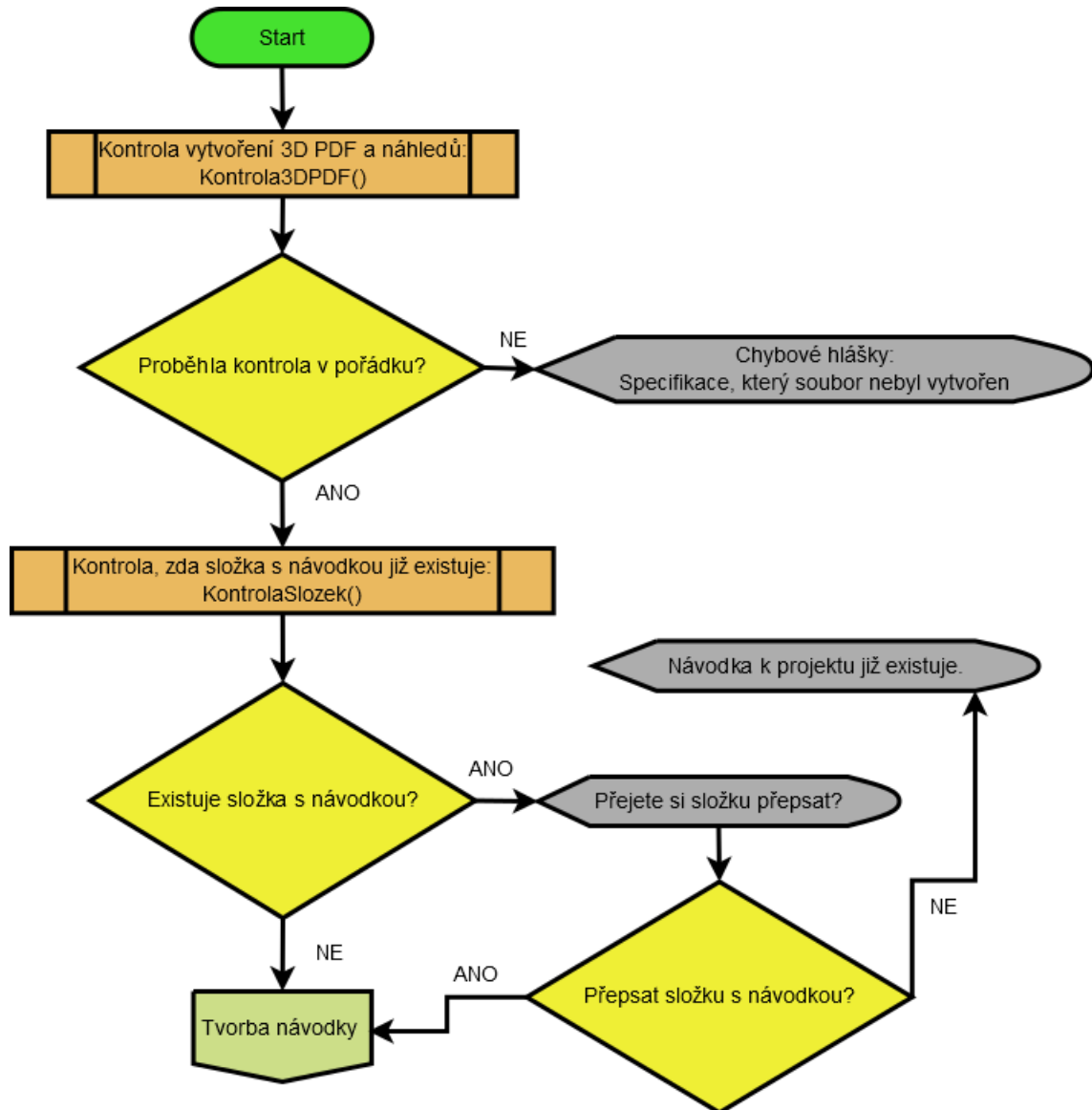


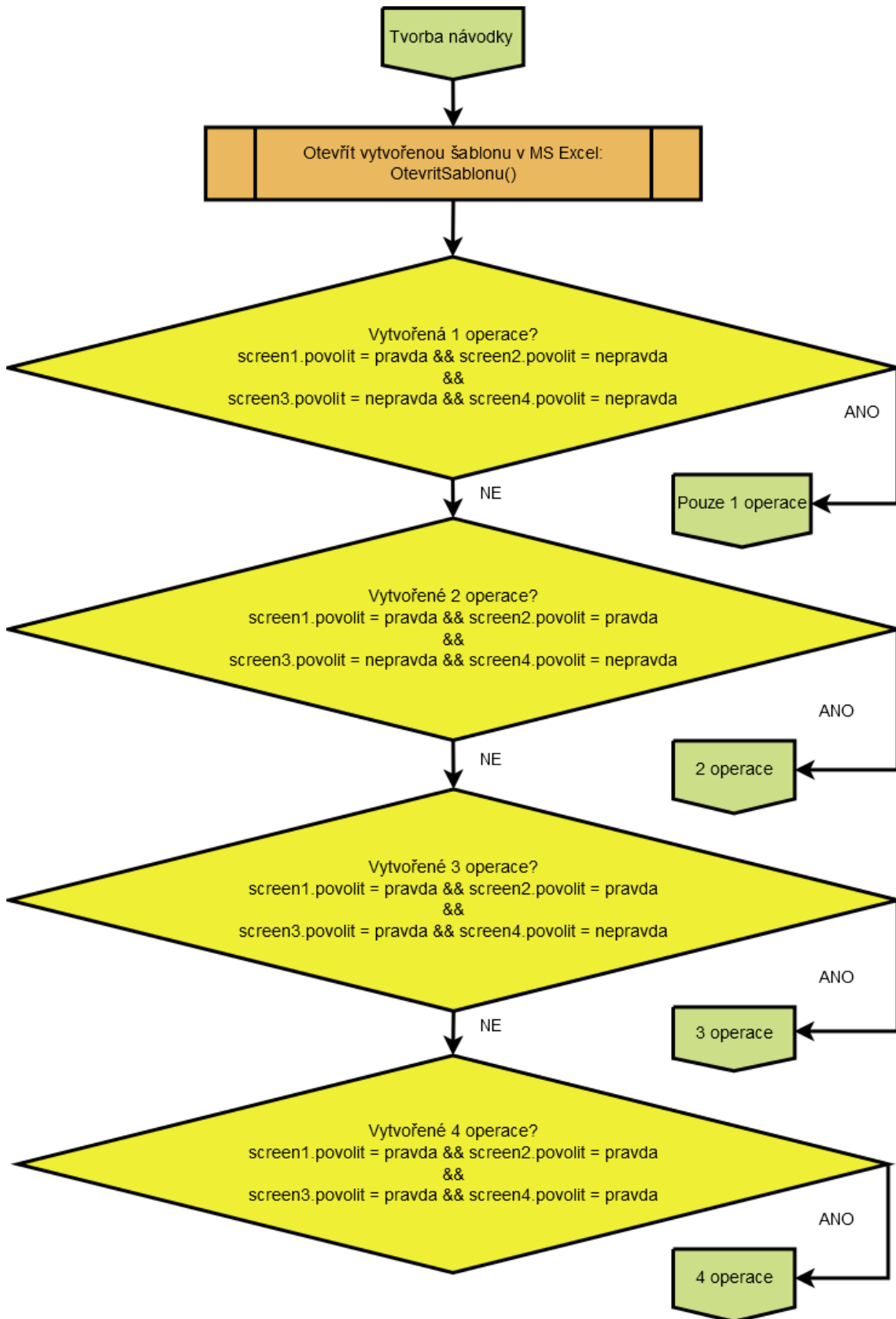


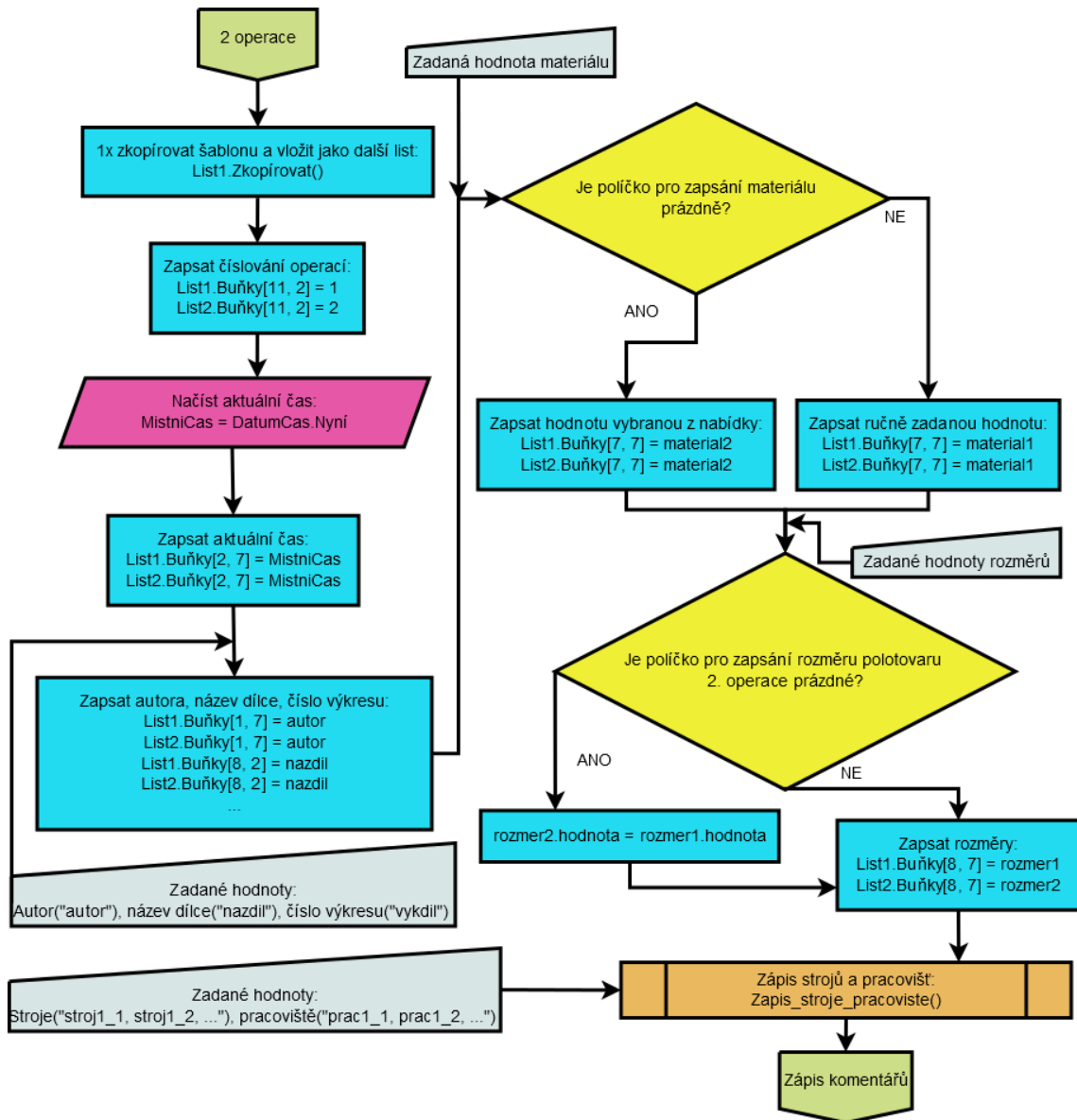


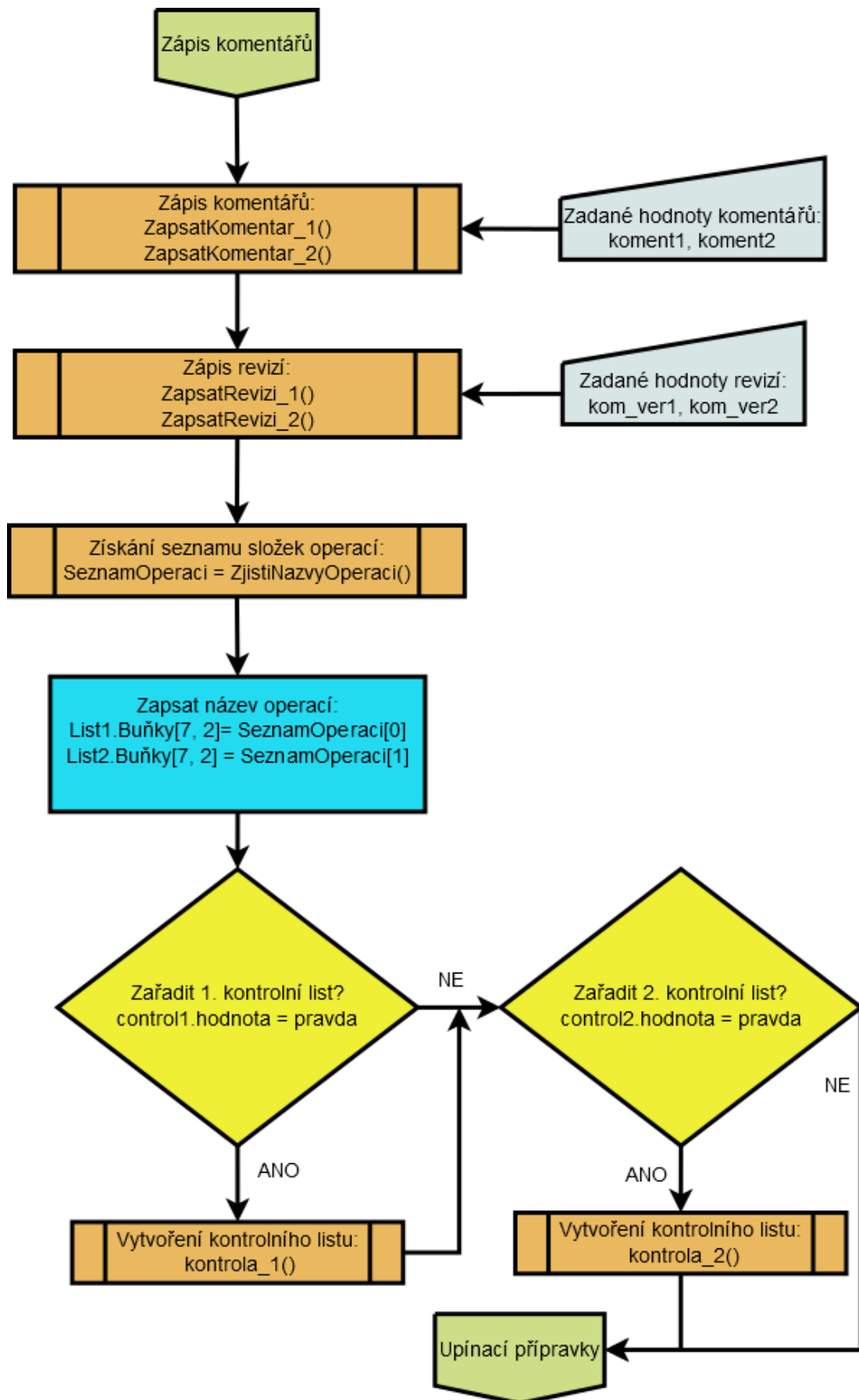


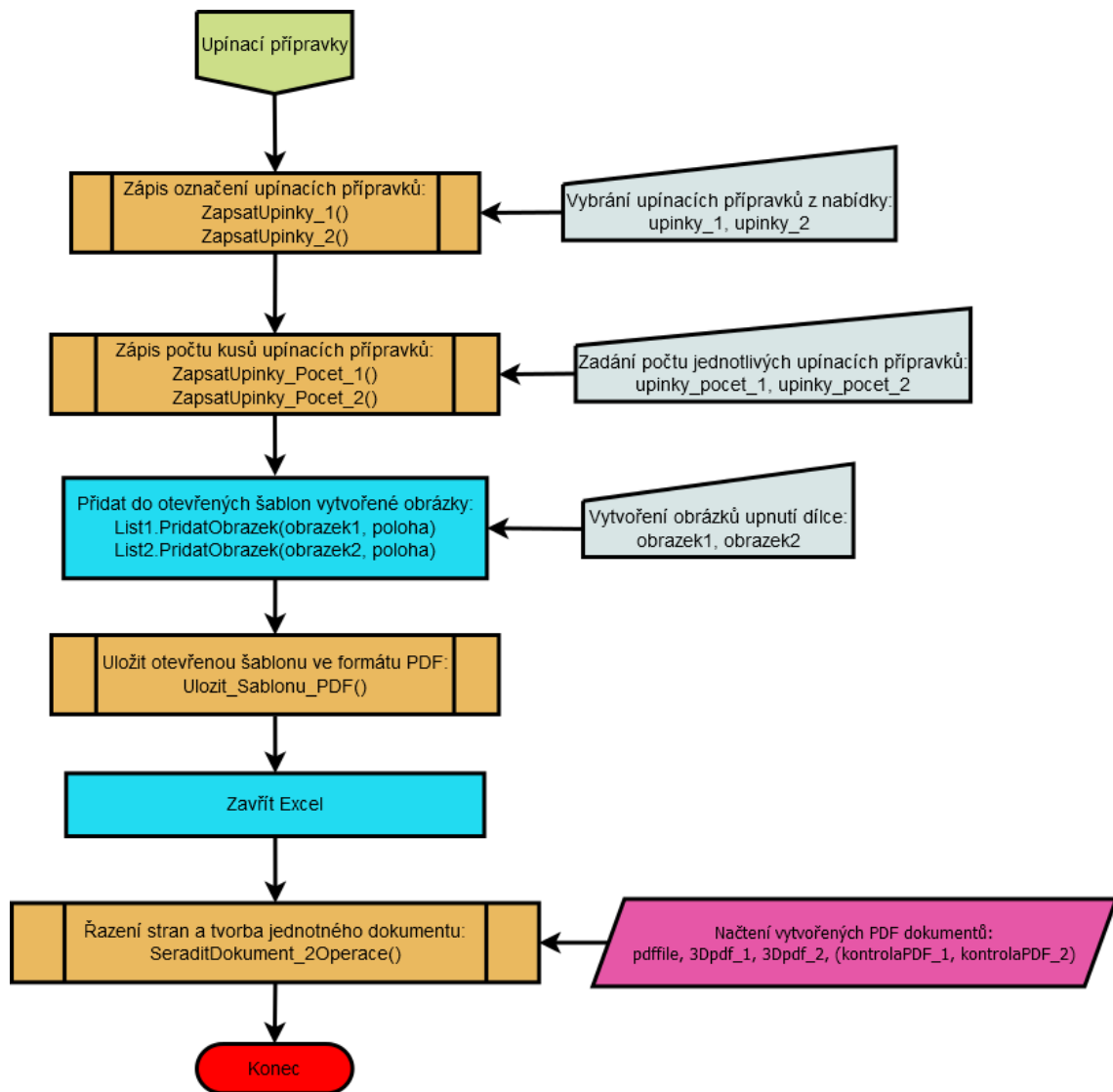
Příloha č. 8 – Vývojový diagram algoritmu generování 3D PDF návodky pro obrábění















Příloha č. 9 – Šablona operací návodky pro obrábění

 FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE				Autor:	
				Datum:	
				List: z	
				Verze:	
Technologická návodka pro obrábění					
Operace:				Materiál:	
Název dílce:				Rozměry:	
Pracoviště:				Stroj:	
Nákres upnutí, ustanovení nulového bodu:		Výkres dílce:			
Operace č.: z		Výkres kontroly:			
Upnutí obrobku:			Revize verze č.:		
č.	Označení	ks	•		
1			•		
2			•		
3			•		
4			•		
5			•		
6			•		
Postup / úseky :					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Příloha č. 10 – Kontrolní šablona návodky pro obrábění

 FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE		 RCMT		Autor: _____ Datum: _____ List: _____ z _____ Verze: _____	
Technologická návodka pro obrábění					
Kontrolní výkres:					
Název dílce:			Rozměry:		
Operace č.:	z		Pracoviště:		
Nákres:			Výkres dílce:		
Výrobní pomůcky / měřidla:					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Kontrolní postup / popis práce:					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Příloha č. 11 – Šablona seřizovacích listů nástrojů

###PAGE_CONTENT_LENGTH## 0 MM ###REPEAT_TITLE### Yes

###BODY_START###

Page : \${cur_page} of \${total_pages}



Seřizovací list nástrojů

###TITLE_START###

Součást: \${mom_part_name}	Autor: Petr Sklenička
Poznámky:	

###TABLE_START###

Číslo nástroje	Označení	Průměr	Průměr držáku	Délka držáku	Délka nástroje od držáku	Držák	Skladové číslo	Počet břitů	Použité v:	Poznámky:
\${mom_tool_number}	\${mom_tool_name}	\${mom_tool_diameter}	\${mom_tool_holder_diameter}	\${mom_tool_holder_length}	\${mom_tool_extension_length}	\${mom_holder_description}	\${mom_tool_catalog_number}	\${mom_tool_flutes_number}	\${mom_operation_name}	

###TABLE_END###

Datum: \${mom_date}

###BODY_END###

Příloha č. 12 – Dráhy nástrojů na vzorovém dílci

Seznam operací a jejich úseků:

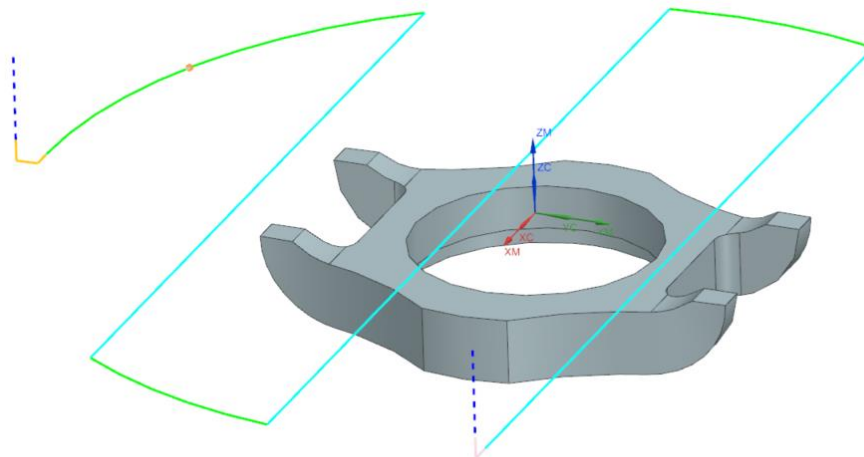
NC_PROGRAM			
Nepoužívané položky			
FREZOVANI_DOLNI			
✓	SPOD_ZAROV_FIN		✓
✓	VNEJSI_HR		✓
✓	VNEJSI_FIN		✓
✓	SPODEK_SEMIFIN		✓
✓	SPOD_OBLOUK_FIN		✓
↓	DIRA_34_HR		✓
↓	DIRA_34_FIN		✓
FREZOVANI_HORNI			
✓	HOR_ZAROVNANI_HR		✓
✓	HORNI_SEMIFIN		✓
✓	HORNI_OBLOUK_HR		✓
✓	HORNI_OBLOUK_SEMIFIN		✓
✓	HORNI_OBLOUK_FIN		✓
↓	DIRA_38_FIN		✓


Operace č. 1:

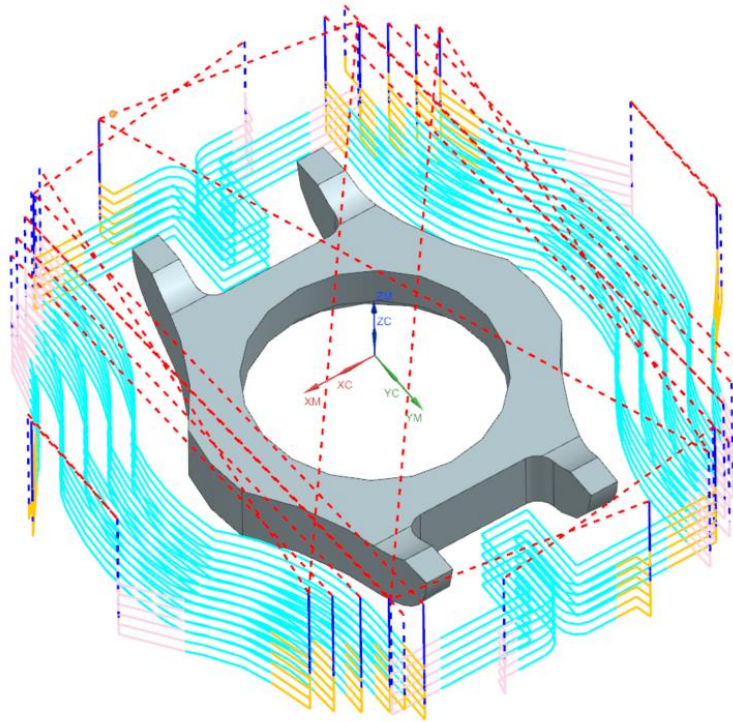
 FREZOVANI_DOLNI


- Úsek č. 1 – Zarovnání čela

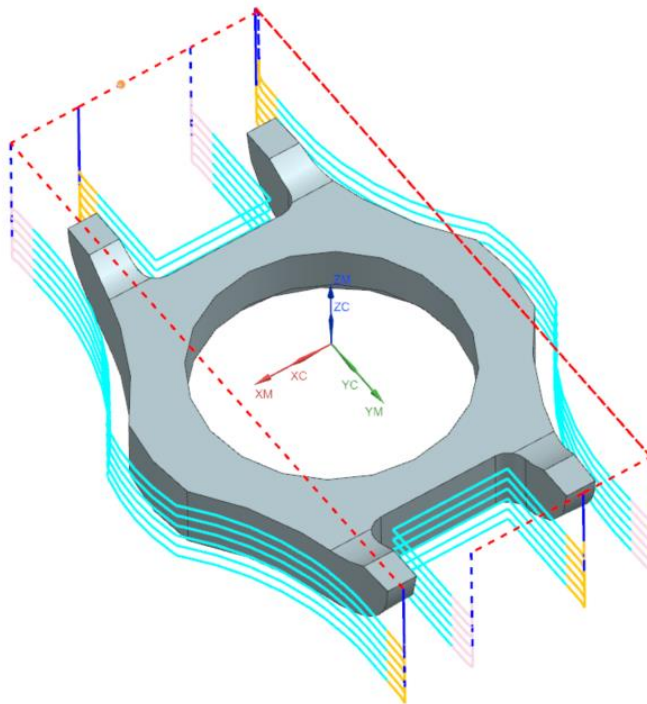
 SPOD_ZAROV_FIN



- Úsek č. 2 – Hrubování vnější kontury


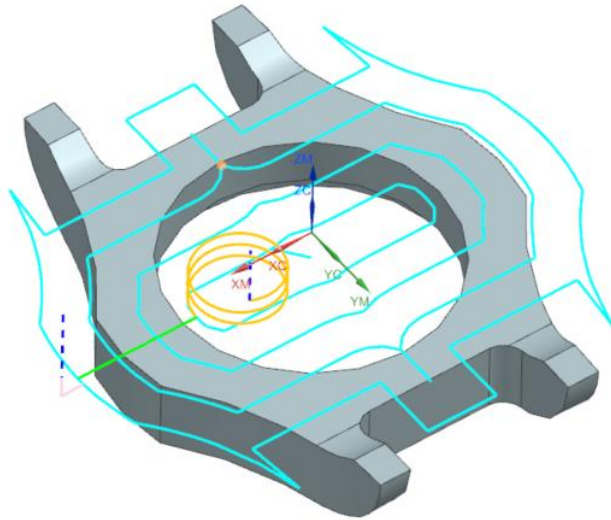


- Úsek č. 3 – Obrábění vnější kontury na čisto





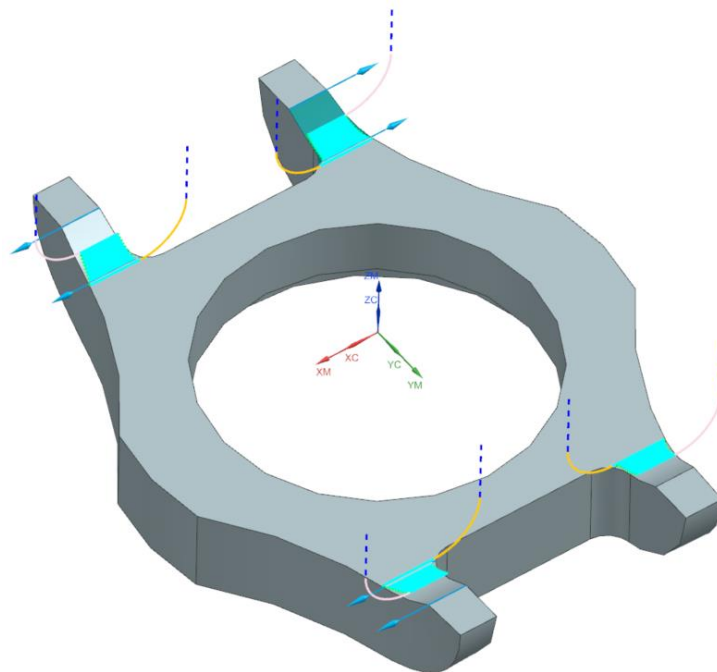
- Úsek č. 4 – Obrábění části spodní plochy na čisto

 SPODEK_SEMIFIN



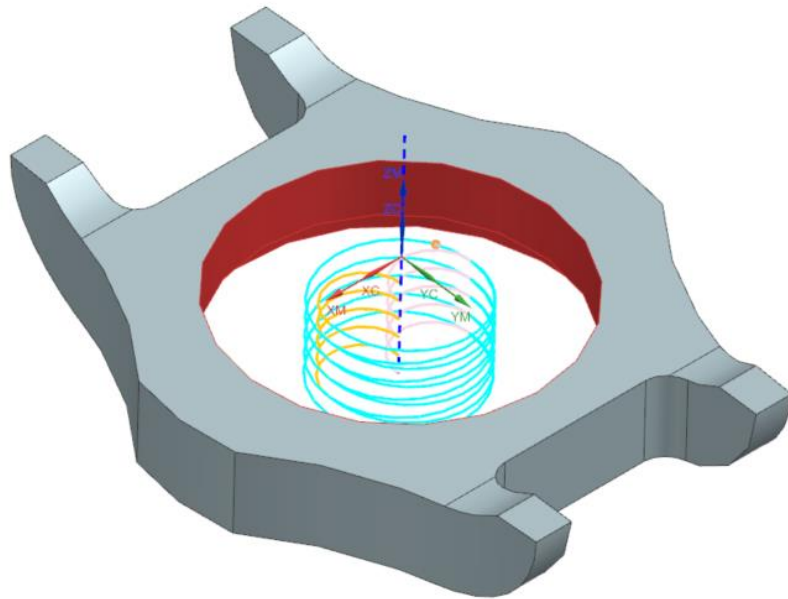
- Úsek č. 5 – Obrábění spodních detailů na čisto

 SPOD_OBLOUK_FIN



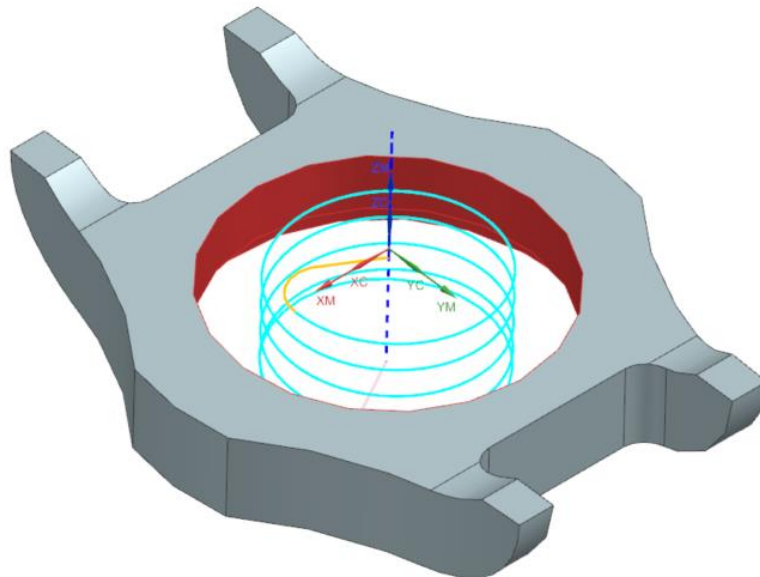
- Úsek č. 6 – Hrubování díry $\varnothing 34$

[DIRA_34_HR](#)



- Úsek č. 7 – Obrábění díry $\varnothing 34$ na čisto

[DIRA_34_FIN](#)

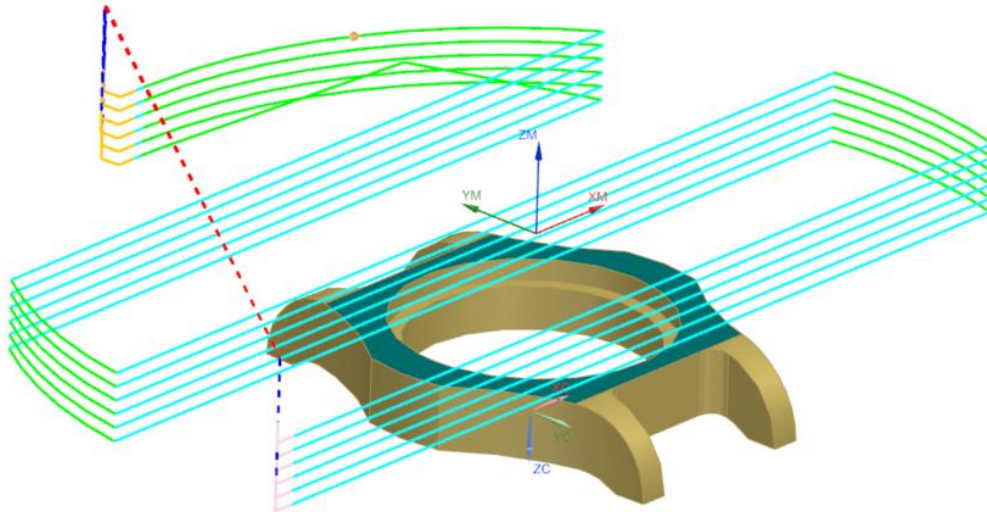


Operace č. 2:

FREZOVANI_HORNI

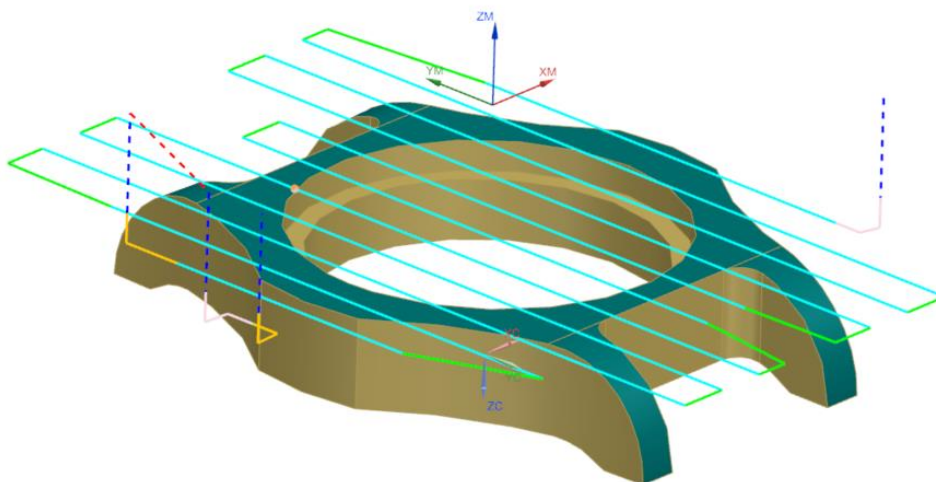
- Úsek č. 1 – Zarovnání čela (hrubování)

HOR_ZAROVNANI_HR




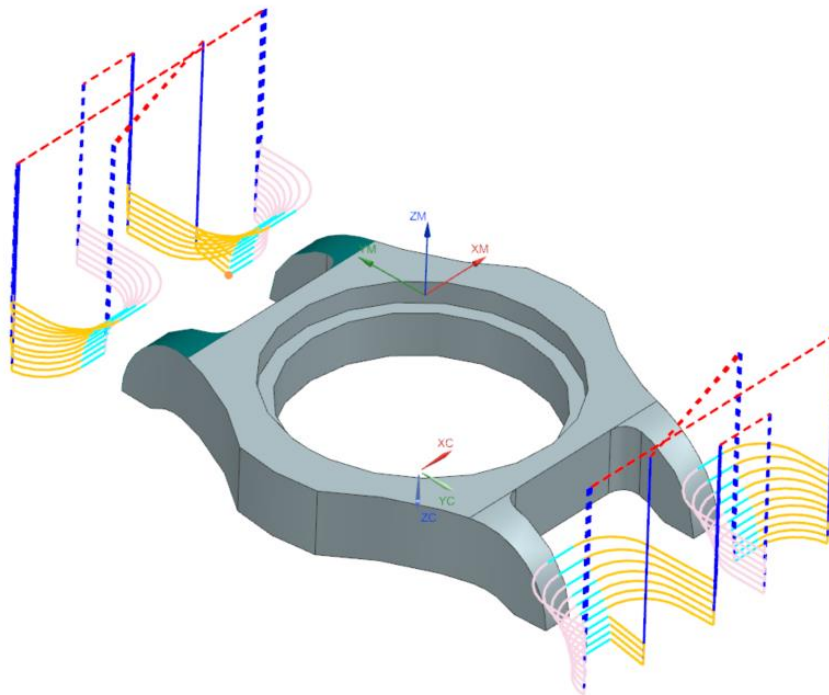
- Úsek č. 2 - Obrábění části vrchní plochy na čisto

HORNI_SEMIFIN




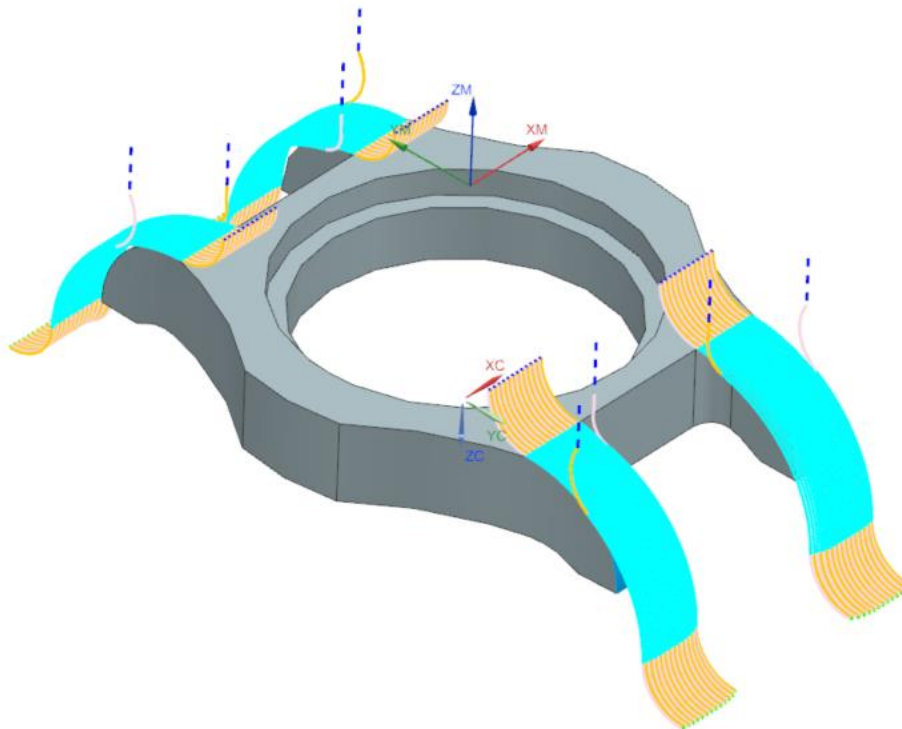
- Úsek č. 3 – Hrubování vrchních detailů

 HORNI_OBLOUK_HR



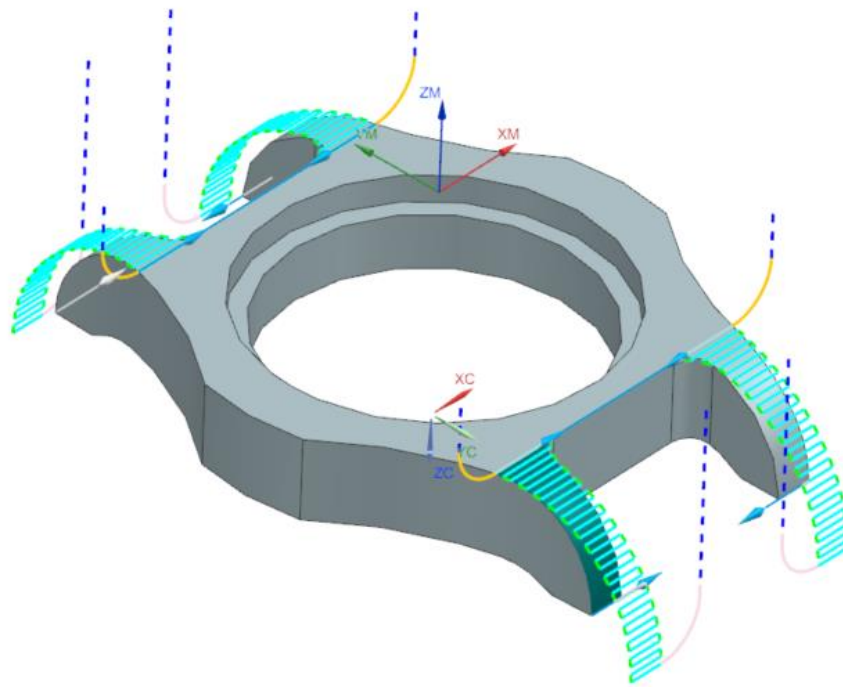
- Úsek č. 4 – Obrábění vrchních detailů

 HORNI_OBLOUK_SEMIFIN




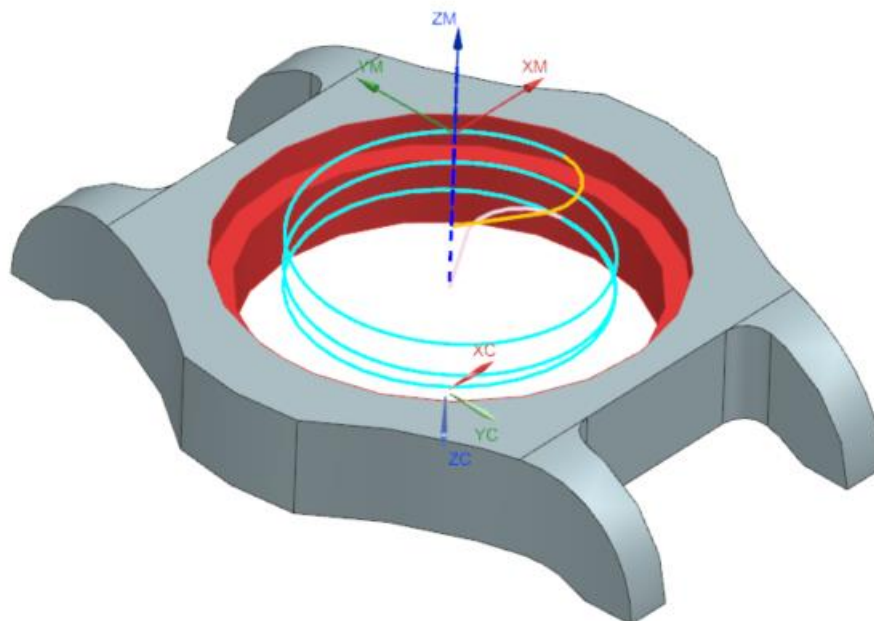
- Úsek č. 5 – Obrábění vrchních detailů na čisto

 HORNI_OBLOUK_FIN



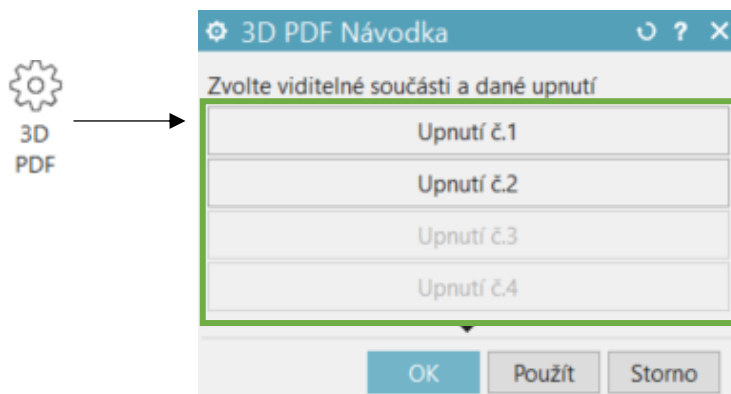
- Úsek č. 6 – Obrábění díry Ø 38 na čisto

 DIRA_38_FIN



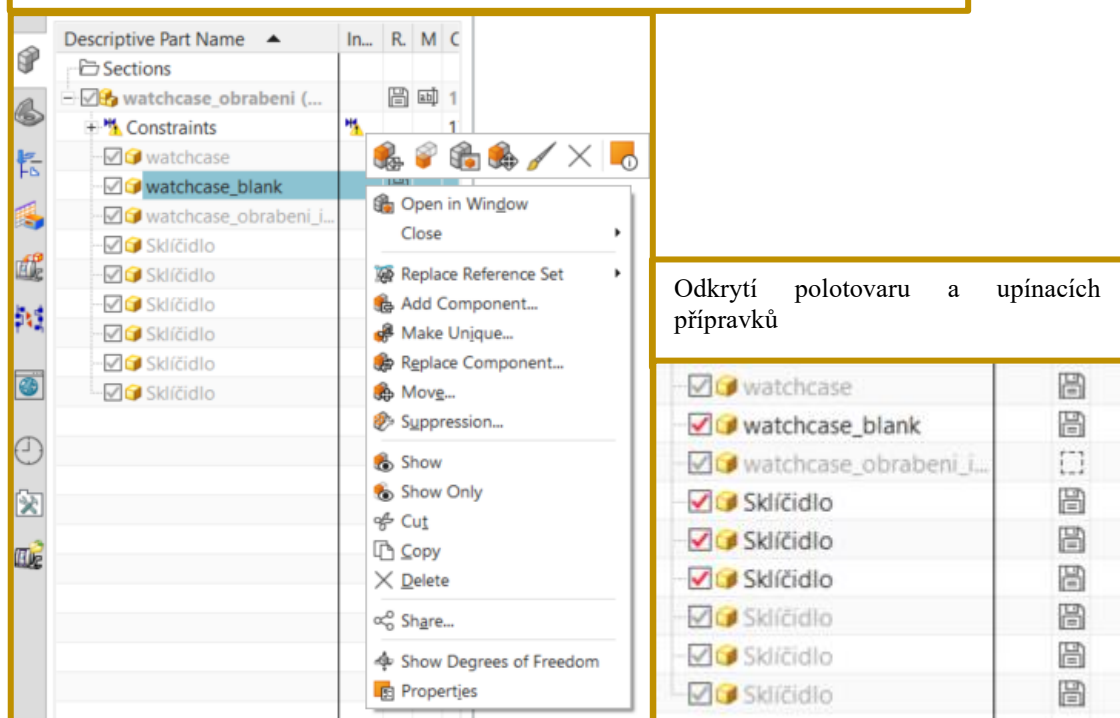
Příloha č. 13 – Návod k použití vytvořeného prostředí pro generování výrobní dokumentace

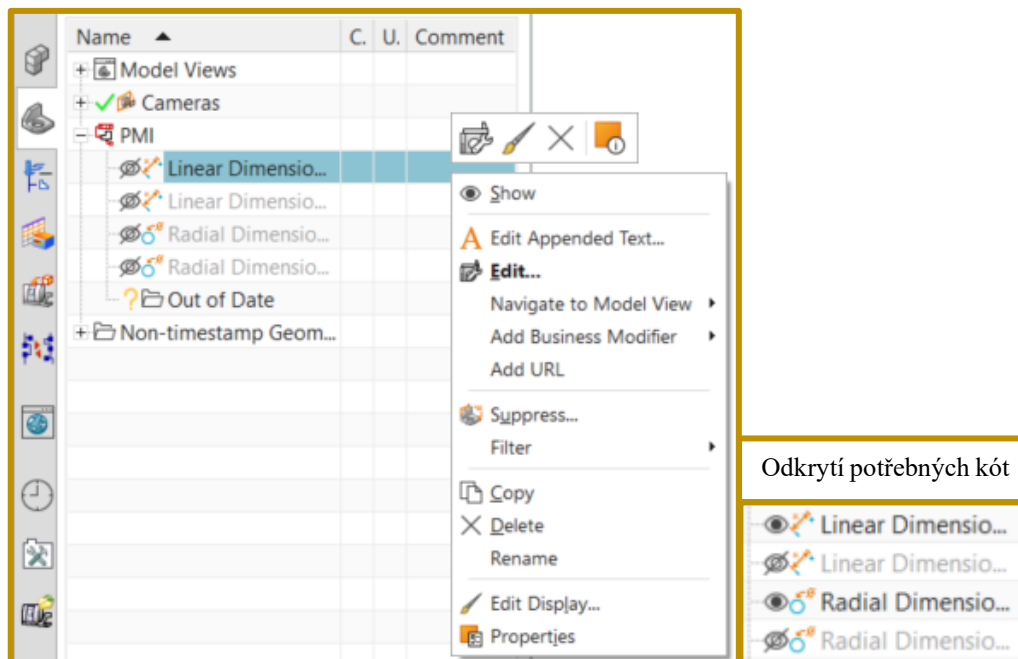
1. Použití pomocného dialogového okna (pouze při generování návodky pro obrábění s 3D PDF grafickým výstupem)



Pořízení jednotlivých 3D PDF dokumentů – na vzorovém dílci existují pouze 2 upnutí, proto se aktivovala pouze 2 tlačítka

Před pořízením jednotlivých 3D PDF je potřeba zobrazit použité modely a jejich kóty



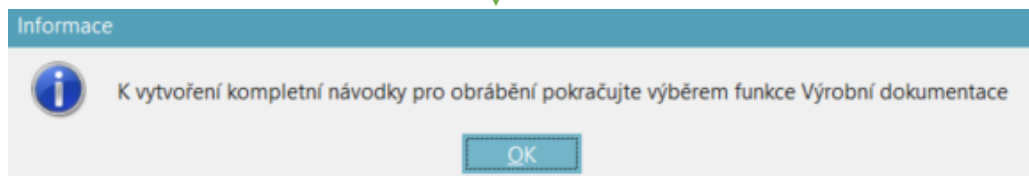


Vytvoření prvního 3D PDF – viz. návodka pro obrábění v příloze č.14 nebo elektronické příloze č.2

Upnutí č.1

Stejný postup pro 2. upnutí

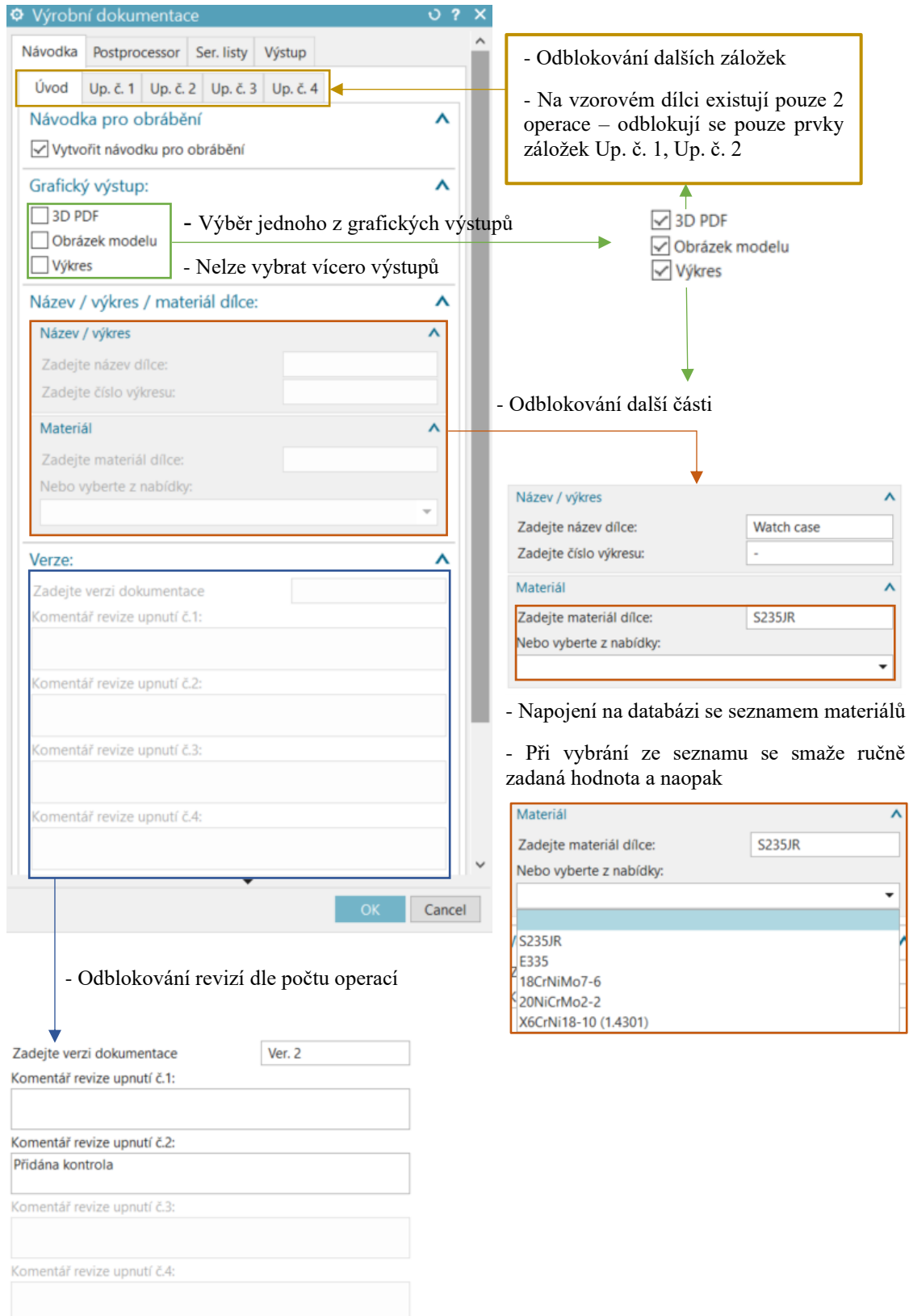
OK



Dialogové okno vyzve k pokračování do hlavního dialogového okna

2. Použití hlavního dialogového okna pro generování návodky

Úvodní záložka tvorby návodky pro obrábění:



Výrobní dokumentace

Návodka | Postprocessor | Ser. listy | Výstup

Úvod | Up. č. 1 | Up. č. 2 | Up. č. 3 | Up. č. 4

Návodka pro obrábění

Vytvořit návodku pro obrábění

Grafický výstup:

3D PDF
 Obrázek modelu
 Výkres

- Výběr jednoho z grafických výstupů
 - Nelze vybrat vícero výstupů

Název / výkres / materiál dílce:

Název / výkres

Zadejte název dílce:
 Zadejte číslo výkresu:

Materiál

Zadejte materiál dílce:
 Nebo vyberte z nabídky:

Verze:

Zadejte verzi dokumentace:
 Komentář revize upnutí č.1:
 Komentář revize upnutí č.2:
 Komentář revize upnutí č.3:
 Komentář revize upnutí č.4:

OK Cancel

Annotations:

- Odblokování dalších záložek
- Na vzorovém dílci existují pouze 2 operace – odblokují se pouze prvky záložek Up. č. 1, Up. č. 2
- Odblokování další části
- Napojení na databázi se seznamem materiálů
- Při vybrání ze seznamu se smaže ručně zadaná hodnota a naopak
- Odblokování revizí dle počtu operací

Material List:

- S235JR
- E335
- 18CrNiMo7-6
- 20NiCrMo2-2
- X6CrNi18-10 (1.4301)

Expanded Dialog:

Zadejte verzi dokumentace: Ver. 2

Komentář revize upnutí č.1:



Komentář revize upnutí č.2: Přidána kontrola

Komentář revize upnutí č.3:

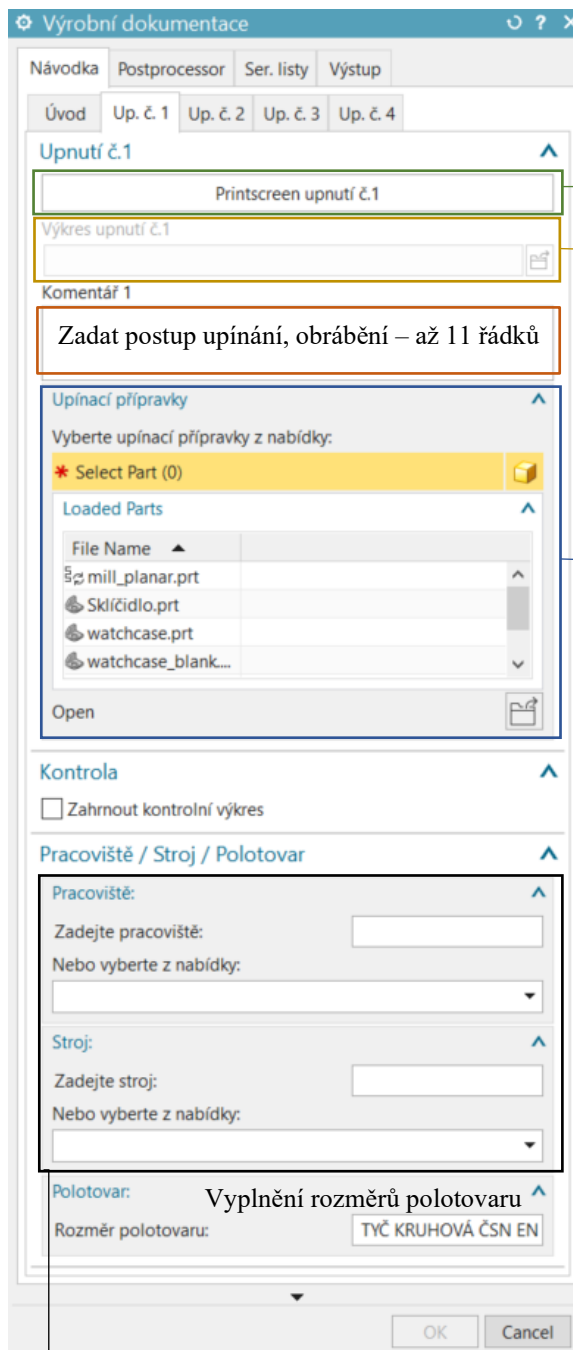
Komentář revize upnutí č.4:

Odblokování záložky tvorby návodky pro obrábění (Up. č. 1, Up. č. 2)

Na dílci existují 2 frézovací operace, proto se odblokovaly pouze prvky záložek Up. č.1 a Up. č. 2.

2 operace  FREZOVANI_HORNI
 FREZOVANI_DOLNI

Up. č. 1



Upnutí č. 1

Printscreen upnutí č.1

Výkres upnutí č.1

Komentář 1

Zadat postup upínání, obrábění – až 11 řádků

Upínací přípravky

Vyberte upínací přípravky z nabídky:

* Select Part (0)

Loaded Parts

File Name
mill_planar.prt
Skříčidlo.prt
watchcase.prt
watchcase_blank...

Open

Kontrola

Zahnout kontrolní výkres

Pracoviště / Stroj / Polotovar

Pracoviště:

Zadejte pracoviště:

Nebo vyberte z nabídky:

Stroj:

Zadejte stroj:

Nebo vyberte z nabídky:

Polotovar: Vyplnění rozměrů polotovaru

Rozměr polotovaru: TYČ KRUHOVÁ ČSN EN

OK Cancel

- Pořízení obrázku náhledu součásti

- Nutné opět specifikovat zobrazení modelů a kót, stejným postupem jako v kroku č.1

- Odblokování pro:

3D PDF - Nutný krok č. 1

Obrázek modelu

- Výběr výkresu

- Odblokování pro: Výkres

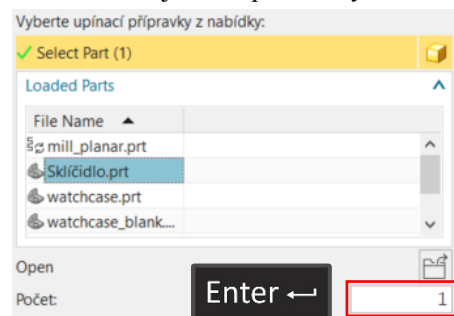
Výkres upnutí č.1

D:\CVUT\BP\dílec\výkresy_upnutí\watchcase_up_1.prt

Výběr upínacích přípravků:

- Výběr pouze jednoho přípravku

- otevření možnosti zadat počet
- nahraje se do paměti, výchozí = 1



Vyberte upínací přípravky z nabídky:

✓ Select Part (1)

Loaded Parts

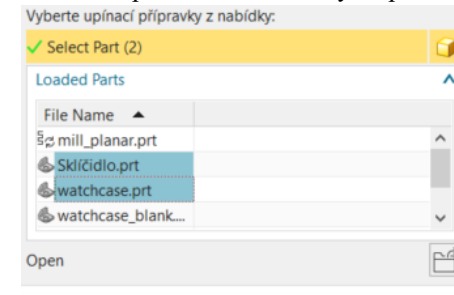
File Name
mill_planar.prt
Skříčidlo.prt
watchcase.prt
watchcase_blank...

Open

Počet:

- Výběr více přípravků

- Zapišou se do návodky i s počtem



Vyberte upínací přípravky z nabídky:

✓ Select Part (2)

Loaded Parts

File Name
mill_planar.prt
Skříčidlo.prt
watchcase.prt
watchcase_blank...

Open

Databáze strojů programu Siemens NX

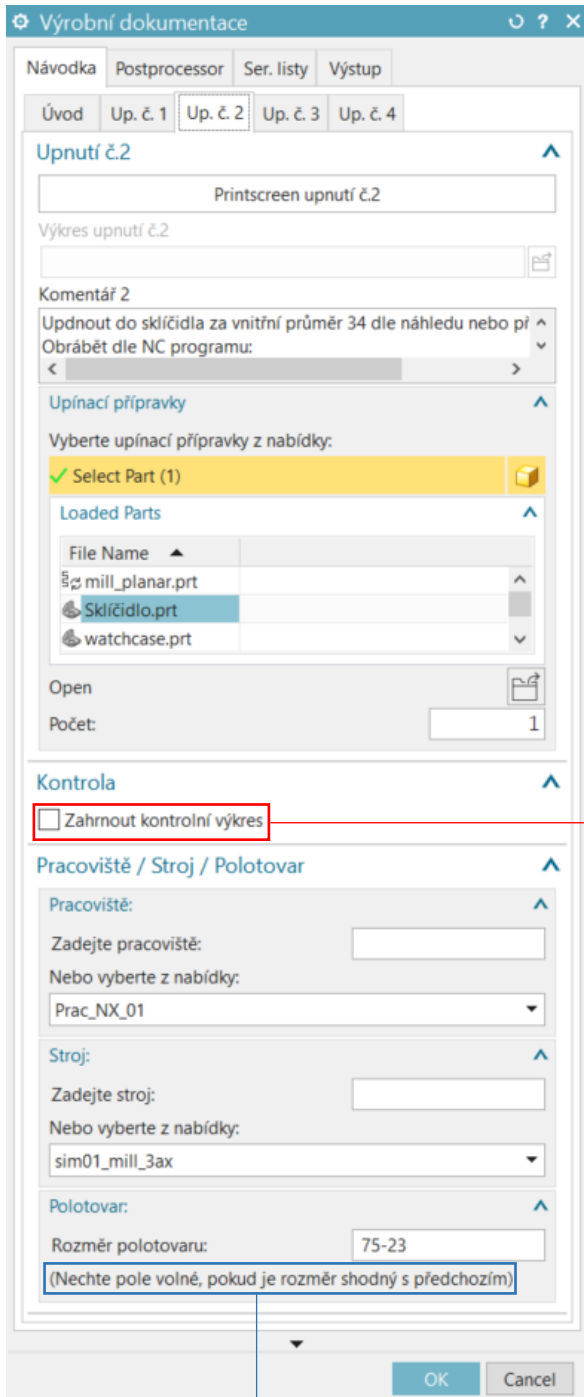
```
sim01_mill_3ax
sim02_mill_3ax
sim03_mill_4ax
sim04_mill_4ax
sim05_mill_5ax
sim06_mill_5ax
sim07_mill_5ax
sim08_mill_5ax
```

Stejný postup a logika jako u materiálu

```
Prac_NX_01
Prac_NX_02
Prac_NX_03
Prac_NX_04
```

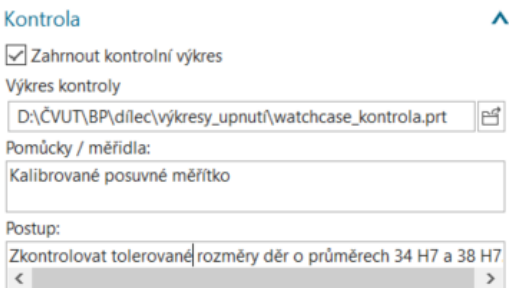
Up. č. 2

Sekce Upnutí č.2, Pracoviště / Stroj / Polotovar se vyplňují stejným způsobem jako v předchozí záložce. Před pořízením snímku (pouze grafické výstupy 3D PDF a obrázek modelu) se opět musí správně zobrazit sestava a její kótování (viz. krok č.1)



Po zaškrtnutí se rozbalí sekce kontrola:

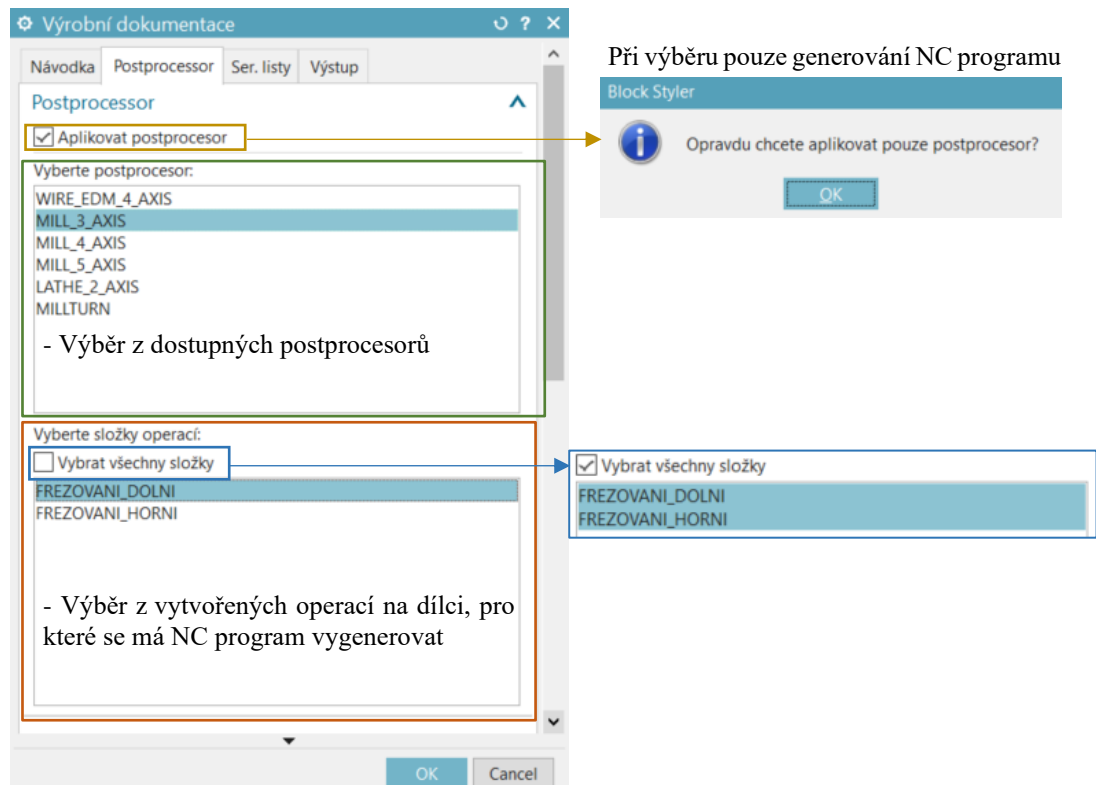
- Zadá se umístění kontrolního výkresu
 - Promítne se do kontrolní šablony
- Zadájí se pomůcky a měřidla
- Zadá se postup, obdobně jako postup operace
 - K dispozici je 11 řádků



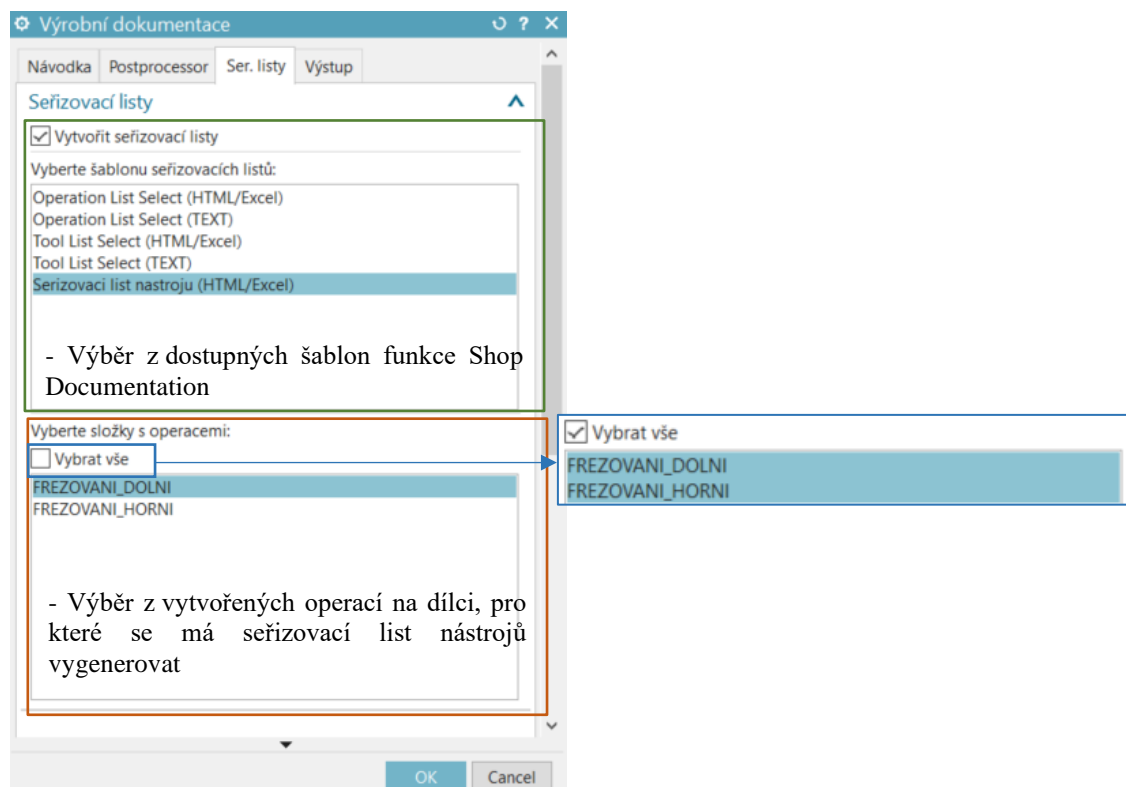
Pokud největší rozměry zůstaly stejné, tak se pole nemusí vyplňovat – hodnota se přepíše z předchozí operace

Pro vygenerování jakéhokoliv z výrobních dokumentů je nutností vyplnit poslední záložku **Výstup** (krok 5), jinak vyskočí chybová hláška. Poslední záložka zajišťuje název dokumentů, autora a generování do specifického adresáře.

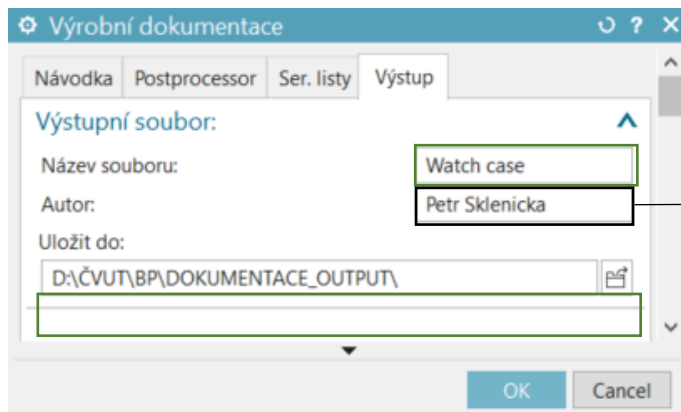
3. Použití hlavního dialogového okna pro generování NC programu



4. Použití hlavního dialogového okna pro generování seřizovacích listů nástrojů



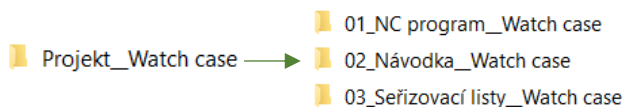
5. Zajištění autora, názvu a adresáře generovaných dokumentů



Propsání do návodky pro obrábění

Autor: Petr Sklenicka

Ve specifikovaném adresáři se vytvoří složka s projektem – Projekt_*název souboru*

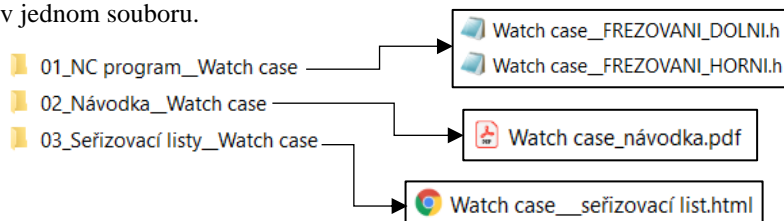


Složka s projektem se větví až na tři podsložky (podle specifikace, které dokumenty se mají vytvořit)
– 01_NC program_*název souboru*



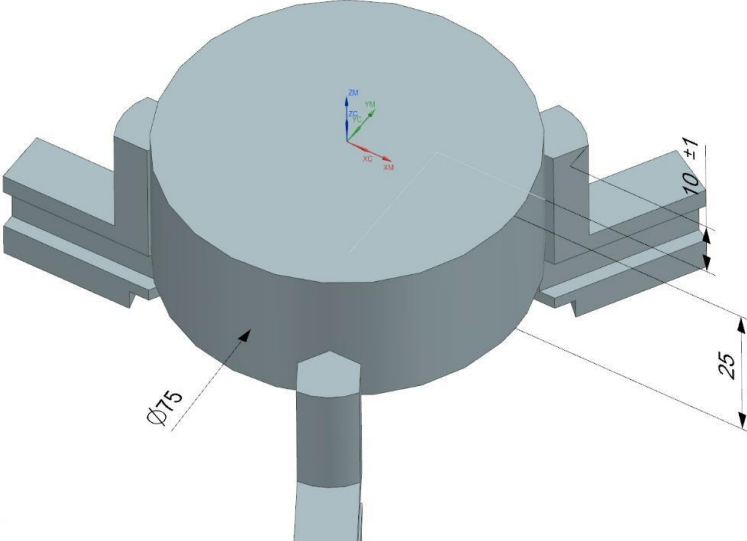
- 02_Návodka_*název souboru*

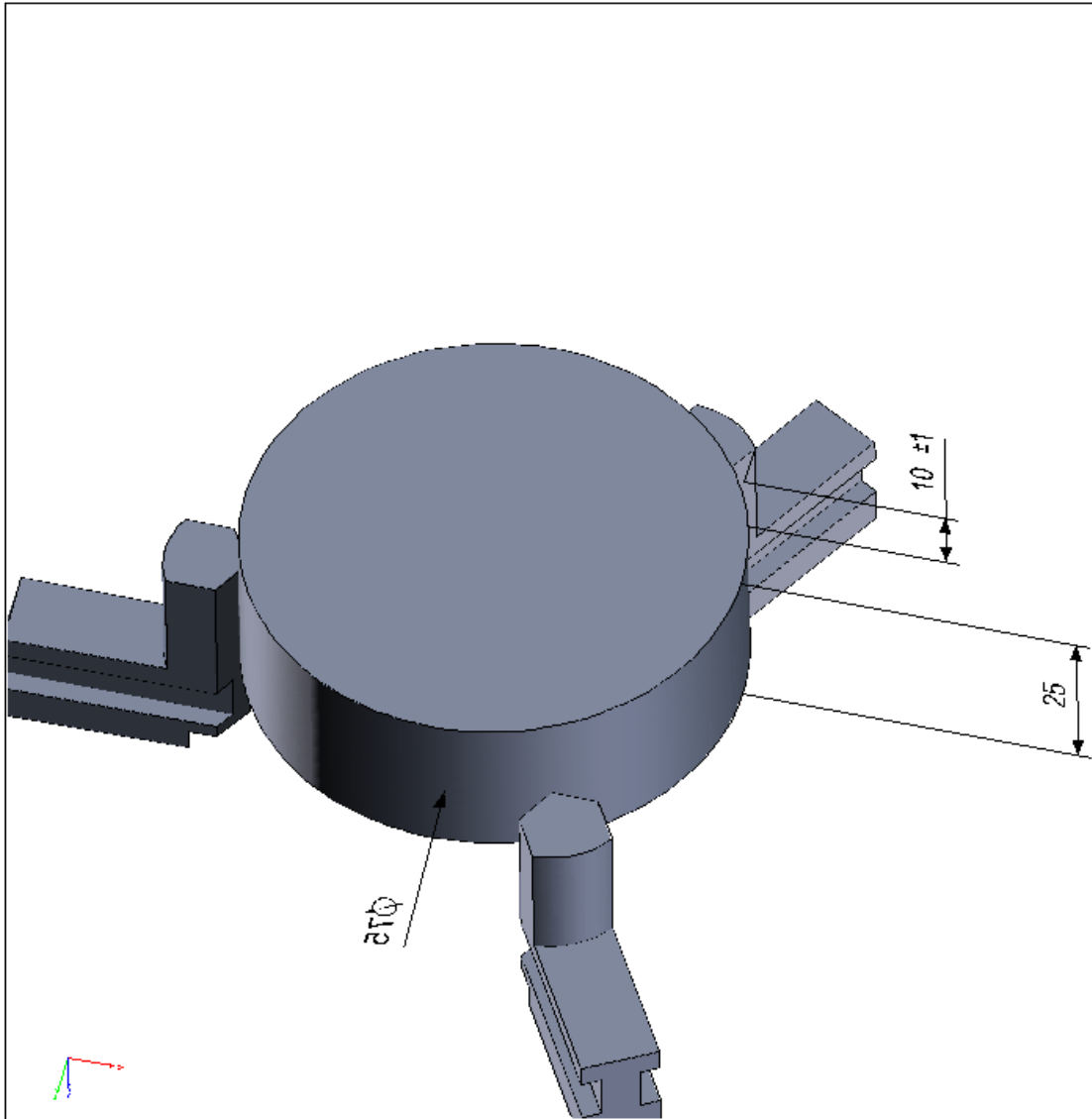
- 03_Seřizovací listy_*název souboru*



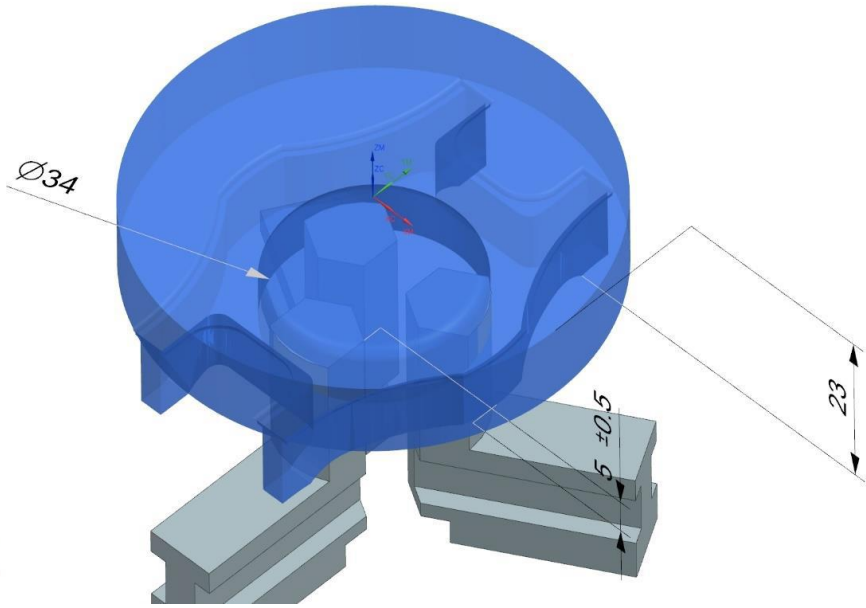
Každá podsložka obsahuje vygenerované dokumenty – NC program se generuje v separátních složkách pro každou vybranou operaci, ostatní výrobní dokumenty se generují pro všechny vybrané operace v jednom souboru.



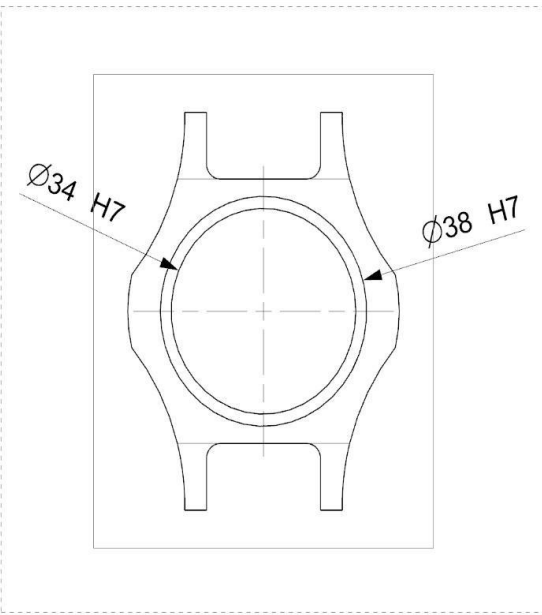


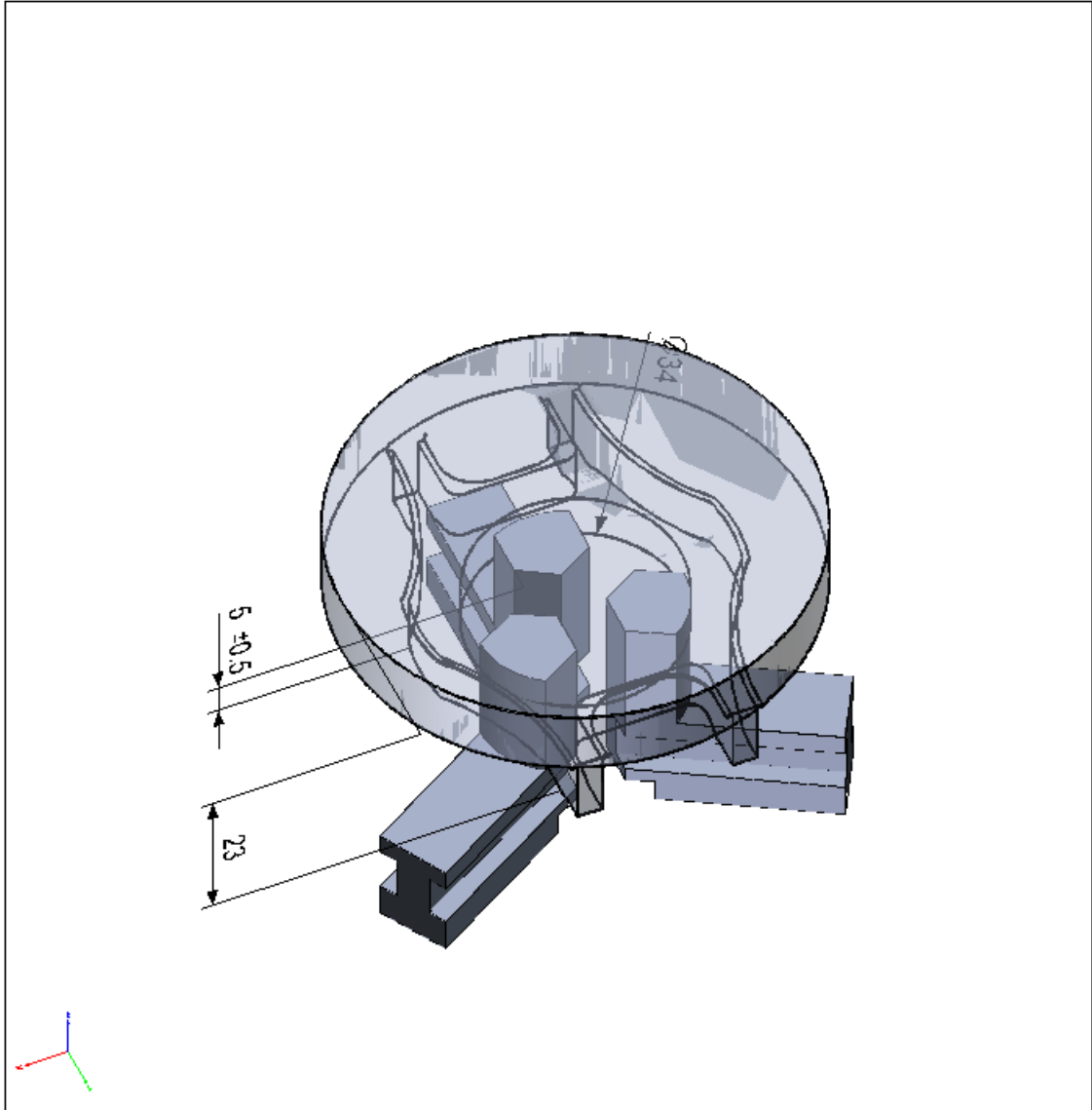
Příloha č. 14 – Návodka pro obrábění – verze s 3D PDF

 FAKULTA STROJNÍ CVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka Datum: 09.07.2021 12:37 List: 1 z 5 Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Operace: FREZOVANI_DOLNI		Materiál: S235JR		Výkres dílce: -	
Název dílce: Watch case		Rozměry: TYČ KR. ČSN EN 10060 - 75-25		Výkres kontroly: -	
Pracoviště: Prac_NX_01		Stroj: sim01_mill_3ax			
Nákres upnutí, ustanovení nulového bodu:					
Operace č.: 1 z 2					
					
Upnutí obrobku:			Revize verze č.: Ver. 2		
č.	Označení	ks	•	-	
1	Skříčidlo	1	•		
2			•		
3			•		
4			•		
5			•		
6			•		
Postup / úseky :					
1	Upnout do sklíčidla za průměr 75 v délce 10 podle náhledu a přiloženého 3D PDF.				
2	Obrábět dle NC programu:				
3	Zarovnání čela				
4	Hrubování vnější kontury				
5	Obrábění vnější kontury				
6	Obrábění části spodní plochy na čisto				
7	Obrábění spodních detailů na čisto				
8	Hrubování díry 34				
9	Obrábění díry 34 na čisto				
10	Pokračovat další operací				
11					



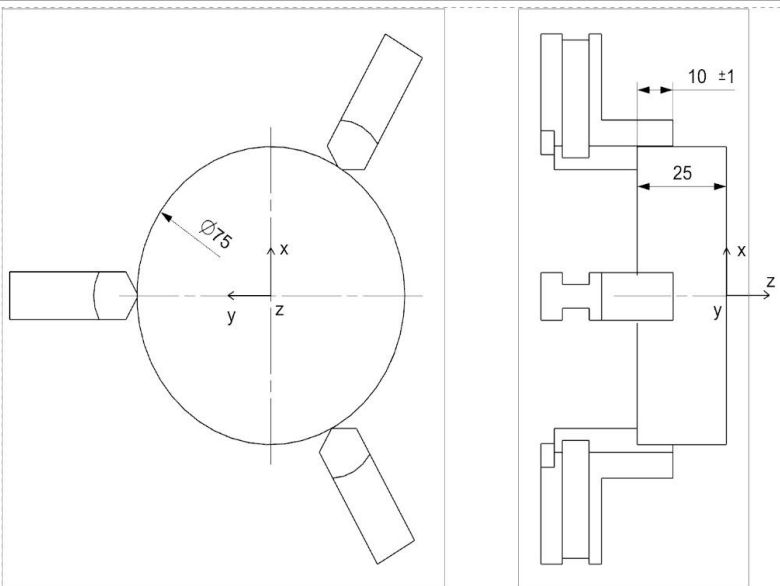




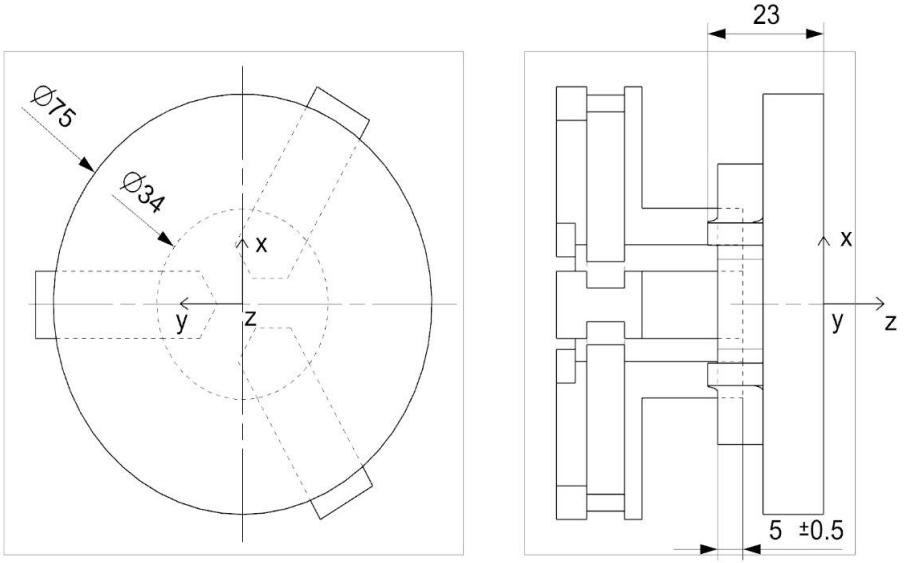
 FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka Datum: 09.07.2021 12:37 List: 3 z 5 Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Operace: FREZOVANI_HORNI				Materiál: S235JR	
Název dílce: Watch case				Rozměry: 75-23	
Pracoviště: Prac_NX_01				Stroj: sim01_mill_3ax	
Nákres upnutí, ustanovení nulového bodu:			Výkres dílce: -		
Operace č.: 2 z 2			Výkres kontroly: Ano, viz. list č. 4		
					
Upnutí obrobku:			Revize verze č.: Ver. 2		
č.	Označení	ks	•	Zařazen kontrolní postup děr	
1	Skličidlo	1	•		
2			•		
3			•		
4			•		
5			•		
6			•		
Postup / úseky :					
1	Upnout do sklíčidla za vnitřní průměr 34 v délce 5 podle náhledu a přiloženého 3D PDF.				
2	Obrábět dle NC programu:				
3	Zarovnání čela				
4	Obrábění části vrchní plochy na čisto				
5	Hrubování vrchních detailů				
6	Obrábění vrchních detailů				
7	Obrábění vrchních detailů na čisto				
8	Obrábění díry 38 na čisto				
9	Pokračovat kontrolou				
10					
11					



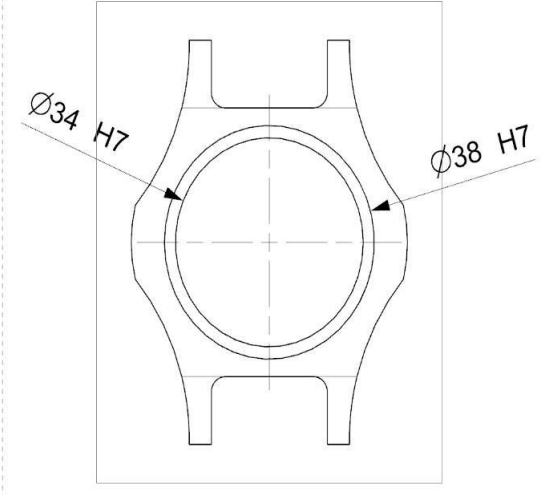
 FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka	
				Datum: 09.07.2021 12:37	
				List: 4 z 5	
				Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Kontrolní výkres:		watchcase_kontrola			
Název dílce:	Watch case	Rozměry:	75-23		
Operace č.:	2 z 2	Pracoviště:	Prac_NX_01		
Nákres:	Výkres dílce:		-		
					
Výrobní pomůcky / měřidla:					
1	Kalibrované posuvné měřítko				
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Kontrolní postup / popis práce:					
1	Zkontrolovat tolerované díry o průměrech 34 H7 a 38 H7				
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					



Příloha č. 15 – Návodka pro obrábění – verze s výkresem

 FAKULTA STROJNÍ CVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka Datum: 09.07.2021 13:21 List: 1 z 3 Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Operace: FREZOVANI_DOLNI				Materiál: S235JR	
Název dílce: Watch case				Rozměry: TYČ KR. CSN EN 10060 - 75-25	
Pracoviště: Prac_NX_01				Stroj: sim01_mill_3ax	
Nákres upnutí, ustanovení nulového bodu:		Výkres dílce:		-	
Operace č.: 1 z 2		Výkres kontroly:		-	
					
Upnutí obrobku:			Revize verze č.: Ver. 2		
č.	Označení	ks	•	-	
1	Skličidlo	1	•		
2			•		
3			•		
4			•		
5			•		
6			•		
Postup / úseky :					
1	Upnout do sklíčidla za průměr 75 v délce 10 podle výkresu.				
2	Obrábět dle NC programu:				
3	Zarovnání čela				
4	Hrubování vnější kontury				
5	Obrábění vnější kontury				
6	Obrábění části spodní plochy na čisto				
7	Obrábění spodních detailů na čisto				
8	Hrubování díry 34				
9	Obrábění díry 34 na čisto				
10	Pokračovat další operací				
11					

 FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka	
				Datum: 09.07.2021 13:21	
				List: 2 z 3	
				Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Operace: FREZOVANI_HORNI				Materiál: S235JR	
Název dílce: Watch case				Rozměry: 75-23	
Pracoviště: Prac_NX_01				Stroj: sim01_mill_3ax	
Nákres upnutí, ustanovení nulového bodu:		Výkres dílce:		-	
Operace č.: 2 z 2		Výkres kontroly:		Ano, viz. list č. 3	
					
Upnutí obrobku:			Revize verze č.: Ver. 2		
č.	Označení	ks	•	Zařazen kontrolní postup děr	
1	Skličidlo	1	•		
2			•		
3			•		
4			•		
5			•		
6			•		
Postup / úseky :					
1	Upnout do sklíčidla za vnitřní průměr 34 v délce 5 podle výkresu.				
2	Obrábět dle NC programu:				
3	Zarovnání čela				
4	Obrábění části vrchní plochy na čisto				
5	Hrubování vrchních detailů				
6	Obrábění vrchních detailů				
7	Obrábění vrchních detailů na čisto				
8	Obrábění díry 38 na čisto				
9	Pokračovat kontrolou				
10					
11					

 FAKULTA STROJNÍ CVUT V PRAZE				Autor: Petr Sklenicka	
				Datum: 09.07.2021 13:21	
				List: 3 z 3	
				Verze: Ver. 2	
Technologická návodka pro obrábění					
Kontrolní výkres:		watchcase_kontrola			
Název dílce:	Watch case		Rozměry:	75-23	
Operace č.:	2 z 2		Pracoviště:	Prac_NX_01	
Nákres:			Výkres dílce:	-	
					
Výrobní pomůcky / měřidla:					
1	Kalibrované posuvné měřítko				
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Kontrolní postup / popis práce:					
1	Zkontrolovat tolerované díry o průměrech 34 H7 a 38 H7				
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Příloha č. 16 – Seřizovací list nástrojů

Page : 1 of 1

Součást:	watchcase_obrazeni	Autor:	Petr Sklenička
Poznámky:			

Číslo nástroje	Označení	Průměr	Průměr držáku	Délka držáku	Délka nástroje od držáku	Držák	Skladové číslo	Počet břitů	Použité v:	Poznámky:
1	UGT0212_002	63	60	16	61	NXA_1	S_002	4	SPOD_ZAROV_FIN	
2	UGT0202_006	12	32	12	30	NXA_2	S_006	2	VNEJSI_HR	
4	UGT0201_122	5	10	8	50	NXA_4	S_122	4	VNEJSI_FIN	
3	NXT0201_005	12	17	10	83	NXA_3	S_005	4	SPODEK_SEMIFIN HORN_SEMIFIN	
5	NXT0203_004	10	17	10	50	NXA_5	S_004	4	SPOD_OBLOUK_FIN HORN_OBLOUK_SEMIFIN HORN_OBLOUK_FIN	
8	NXT0201_012	16	32	12	70	NXA_8	S_012	6	DIRA_34_HR	
7	NXT0201_011	12	32	12	70	NXA_7	S_011	6	DIRA_34_FIN DIRA_38_FIN	
6	NXT0212_001	63	90	46	50	NXA_6	S_001	4	HOR_ZAROVNANI_HR	
9	UGT0201_016	12	30	4	30	NXA_9	S_016	4	HORN_OBLOUK_HR	

Datum: Fri Jul 9 12:37:50 2021