

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Mapování dodavatelského řetězce pro polovodičové komponenty pro oblast  
automotive

David Vyčítal

Diplomová práce

2022



Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. David Vyčítal**  
Osobní číslo: **D20586**  
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**  
Specializace: **Dopravní management, marketing a logistika**  
Téma práce: **Mapování dodavatelského řetězce pro polovodičové komponenty pro oblast automotive**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

## Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika logistických a výrobních procesů a metod řízení dodavatelských řetězců
2. Analýza současného stavu dodavatelského řetězce polovodičových komponent ŠKODA AUTO a.s.
3. Návrh restrukturalizace dodavatelského řetězce
4. Vyhodnocení navržených změn

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Průša, Ph.D.**  
Katedra dopravního managementu, marketingu  
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **29. října 2021**  
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2022**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. dubna 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Mapování dodavatelského řetězce pro polovodičové komponenty pro oblast automotive jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 8. 5. 2022

David Vyčítal v. r.

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Petru Průšovi, PhD. a Ing. Miroslavu Vlasákovi ze společnosti Škoda Auto a. s. za vstřícný přístup a cenné rady při zpracování diplomové práce.

## **ANOTACE**

Práce se zaměřuje na analýzu současného stavu dodavatelských řetězců polovodičových komponent pro automobilový průmysl. Zkoumá dopady současných světových událostí na tyto dodavatelské řetězce, popisuje jejich další vývoj a dává doporučení, jakým způsobem by se společnosti v automobilovém průmyslu měly těmto skutečnostem přizpůsobovat.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

automobilový průmysl, polovodiče, dodavatelský řetězec

## **TITLE**

Semiconductor components supply chain mapping in automotive

## **ANNOTATION**

The thesis examines current state of semiconductor components supply chain for automotive industry. It examines the impacts of current world events on said supply chains, it describes their further development, and it suggests how companies in the automotive industry should adapt to these realities.

## **KEYWORDS**

automotive industry, semiconductors, supply chain

# OBSAH

ÚVOD .....	11
1 CHARAKTERISTIKA LOGISTICKÝCH A VÝROBNÍCH PROCESŮ A METOD ŘÍZENÍ DODAVATELSKÝCH ŘETĚZCŮ.....	12
1.1 Logistika.....	12
1.2 Dodavatelský řetězec .....	12
1.3 Logistický management .....	13
1.4 Supply chain management .....	13
1.5 Štíhlá produkce .....	15
1.6 Analýza dodavatelského řetězce mapováním toku hodnot .....	18
1.7 Mapování dodavatelského řetězce .....	18
1.8 Riziko v dodavatelském řetězci .....	19
1.9 Analýza zranitelnosti.....	20
1.9.1 Ishikawův diagram .....	21
1.10 Systematický přístup k řešení problémů .....	22
1.11 Model organizace průmyslu.....	23
1.12 Hodnocení a výběr strategie.....	23
1.13 Měření rizika .....	24
1.13.1 What-if analýza .....	24
1.13.2 Scénáře .....	24
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE POLOVODIČOVÝCH KOMPONENT ŠKODA AUTO A.S. ....	26
2.1 Analýza základních podmínek ze strany nabídky .....	26
2.1.1 Polovodiče.....	26
2.1.2 Polovodiče v automobilovém průmyslu.....	26
2.1.3 CAN sběrnice .....	33
2.1.4 Současná architektura elektroniky v automobilech.....	33
2.1.5 Systémy kritické z hlediska bezpečnosti.....	34
2.1.6 CMOS .....	34
2.1.7 Výroba polovodičových komponentů .....	34
2.1.8 Wafery.....	36
2.1.9 Délka výroby.....	37
2.1.10 Mikrokontrolery (MCU) .....	37



2.2	Analýza základních podmínek ze strany poptávky .....	39
2.2.1	Specifika automobilového průmyslu.....	39
2.2.2	Životní cyklus.....	40
2.2.3	Náhradní díly.....	41
2.2.4	Požadavky na kvalitu .....	41
2.2.5	Plánování dodávek .....	43
2.3	Analýza struktury průmyslu.....	44
2.3.1	Kapacita výroby polovodičů v jednotlivých zemích.....	44
2.3.2	Struktura dodavatelů .....	45
2.4	Analýza chování subjektů .....	48
2.4.1	Investice ve výrobě polovodičů.....	48
2.4.2	Trendy na trhu s polovodiči .....	49
2.4.3	Tržní výhled .....	50
2.4.4	Podpora ze strany státních institucí.....	51
2.4.5	Intel a automobilový průmysl .....	53
2.4.6	Srovnání výnosů 5 nm technologie a 40 nm technologie.....	55
2.5	Analýza výkonu průmyslu .....	55
2.5.1	Světový nedostatek čipů.....	56
2.5.2	Pandemie.....	56
2.5.3	Faktory nesouvisející s pandemií .....	57
2.5.4	Nedostatek neonu .....	58
2.6	Analýza zranitelnosti dodavatelského řetězce.....	59
2.7	Finanční analýza společnosti Škoda Auto a. s. ....	60
2.7.1	Horizontální analýza výkazu zisku a ztrát.....	60
2.7.2	Vývoj počtu prodejů nových automobilů.....	60
2.8	Shrnutí analytické části .....	61
3	NÁVRH RESTRUKTURALIZACE DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE .....	62
3.1	Vývoj poptávky po polovodičích .....	62
3.2	Kvalitativní scénáře pro Škoda Auto a. s. ....	64
3.3	What-if analýza .....	65
3.4	Snížení zranitelnosti dodavatelského řetězce.....	67
3.4.1	Zachování současného stavu .....	67
3.4.2	Integrovaná architektura elektronických systémů pro automobilový průmysl .....	67
3.4.3	Zavedení strategických zásob .....	70

3.5	Shrnutí návrhu restrukturalizace dodavatelského řetězce .....	70
4	VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH ZMĚN .....	72
4.1	Vyhodnocení zachování současného stavu .....	72
4.2	Vyhodnocení integrace elektroniky v automobilech.....	72
4.3	Vyhodnocení zavedení strategických zásob.....	74
4.4	Shrnutí vyhodnocení navržených změn .....	76
	ZÁVĚR .....	77
	POUŽITÁ LITERATURA.....	78
	SEZNAM TABULEK.....	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	87
	SEZNAM ZKRATEK.....	88
	SEZNAM PŘÍLOH.....	89

# ÚVOD

Trendem minulých desetiletí byla globalizace a outsourcing výrobních a jiných procesů podniků na dodavatele v zemích po celém světě. Dodavatelské řetězce se tak stali komplexními systémy obsahujícími mnoho prvků a mnoho složitých vztahů mezi nimi. I když je tento trend pro mnoho společností výhodným z hlediska snižování nákladů a zvyšování kvality výrobků a služeb, takto složité dodavatelské řetězce s sebou nesou mnohá rizika, a platí, že čím složitější tento systém je, tím se také může zvyšovat jeho zranitelnost oproti různým vnějším vlivům. Pro podniky je tedy důležité znát do detailu všechny své dodavatele a dodavatele svých dodavatelů, aby bylo možné zajistit dostatečnou odolnost těchto systémů proti různým narušením, ke kterým jsou kvůli své složitosti a svému globálnímu rozsahu náchylné.

V současné době jsou světové dodavatelské řetězce pod velkým tlakem, neméně to platí o automobilovém průmyslu, kde dochází k velkým narušením výrobních procesů a velkým ztrátám způsobeným nutnými omezeními nebo přerušeními výroby kvůli nedostupnosti některých dílů. Výpadky v dodávkách způsobené pandemickou krizí přetrvávají i dva roky po jejím vypuknutí a lze očekávat, že budou automobilový průmysl provádět i v dalších letech. S pokračujícím vývojem automobilů se elektronika stává jejich stále důležitější součástí. Elektronika v automobilech je s každým rokem čtenější a komplexnější a stává se podstatnou položkou v nákladech na výrobu automobilu.

Cílem práce je na základě analýzy současného stavu navrhnout změny v dodavatelském řetězci polovodičových komponent ve společnosti Škoda Auto a. s. a tyto navržené změny zhodnotit.

V první části práce budou charakterizovány logistické a výrobní procesy a metody řízení dodavatelských řetězců a budou zde vysvětleny metody analýzy dodavatelských řetězců a způsoby jejich mapování. Ve druhé části bude provedena analýza dodavatelského řetězce polovodičových komponentů pro automobilový průmysl, analýza zranitelnosti tohoto dodavatelského řetězce, a také analýza současných událostí a jejich dopadů na společnost Škoda Auto a. s. Ve třetí části budou vysvětleny návrhy na restrukturalizaci dodavatelského řetězce společnosti Škoda Auto a. s. vycházející z výsledků analýzy. Tyto návrhy budou nakonec v poslední části práce vyhodnoceny.

# 1 CHARAKTERISTIKA LOGISTICKÝCH A VÝROBNÍCH PROCESŮ A METOD ŘÍZENÍ DODAVATELSKÝCH ŘETĚZCŮ

V první části práce byly vysvětleny základní pojmy z oblasti logistiky a dodavatelských řetězců, dále byly vysvětleny metody řízení dodavatelských řetězců, jejich analýza a mapování toků v nich.

## 1.1 Logistika

Podle Oudové (2016) pochází slovo logistika z řečtiny, jako odvození od slov „logistikon“, nebo také „logos“, které je možné přeložit jako důmysl a rozum, respektive řeč, myšlenka nebo rozum. Definicí logistiky lze v literatuře nalézt mnoho. Pro účely této práce byly vybrány následující 3 definice jako jedny z nejdůležitějších. Kirsch (1971, s. 112) definuje logistiku jako:

*„...souhrn všech technických a organizačních činností, pomocí nichž se plánují operace související s materiálovým tokem. Zahrnuje nejen tok materiálu, ale i tok informací mezi všemi objekty a časově překlenuje nejrůznější procesy v průmyslu i v obchodě.“*

Pernica (1998, s. 74) definuje pojem logistika následovně:

*„...soubor všech činností, sloužících k poskytování potřebného množství prostředků s nejmenšími náklady tam a tehdy, kde a kdy je po nich poptávka. Zabývá se všemi operacemi určujícími pohyb zboží (alokace výroby a skladů, zásob, řízení a pohybu zboží ve výrobě, balení, skladování, dodávání odběratelům).“*

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), (2013, s. 117) definuje logistiku následovně:

*„Proces plánování, implementace a kontroly postupů pro účinný a efektivní přepravu a skladování zboží včetně služeb a souvisejících informací z místa původu na místo spotřeby za účelem vyhovění požadavkům zákazníka. Tato definice zahrnuje příchozí, odchozí, vnitřní a vnější pohyby.“*

## 1.2 Dodavatelský řetězec

Chopra a Meindl (2016a) definují dodavatelský řetězec jako celek, který tvoří všechny přímo či nepřímo zúčastněné strany podílející se na plnění objednávky a všechny funkce související s jejím obdržením a realizací. Základní prvky dodavatelského řetězce Dujak et. al. (2020) definují následovně:

- členové,
- aktivity (procesy), které v něm probíhají
- a nevyhnutelný pohyb s nimi spojený.

Členy dodavatelského řetězce podle Chopra a Meindla (2016a) tvoří obvykle společnosti, které vlastní fyzické produkty putující řetězcem ke koncovému odběrateli. V závislosti na jejich hlavní činnosti je Chopra a Meindl (2016a) dále rozděluje na výrobce, obchodníky a odběratele.

Chopra a Meindl (2016a) definují v dodavatelském řetězci fyzický tok, který ale podle autorů není možné analyzovat a citelně vylepšovat bez paralelních analýz a kroků zlepšujících informační tok, tok hodnot, tok plateb, tok legal businesses a tok znalostí. Tyto toky jsou podle autorů obousměrné, toky po proudu se pohybují od dodavatele původní suroviny ke konečnému odběrateli, toky proti proudu se pohybují opačným směrem, tedy od koncového odběratele či spotřebitele k původnímu dodavateli nebo zdroji.

### 1.3 Logistický management

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), (2013, s. 117) definuje logistický management jako“

*„...tu část supply chain managementu, která plánuje, implementuje a kontroluje efektivní, efektivní dopředný a zpětný tok a skladování zboží, služeb a souvisejících informací mezi místem původu a místem původu odběrné místo za účelem splnění požadavků zákazníků.“*

Součástí řízení logistiky je podle CSCMP (2013) obvykle řízení příchozí a odchozí přepravy, správa vozového parku, skladování, manipulace s materiálem, objednávka plnění, návrh logistické sítě, řízení zásob, plánování nabídky a poptávky a řízení externích poskytovatelů logistických služeb. CSCMP (2013) dále uvádí, že se logistický management podílí na všech úrovních plánování, tedy na strategickém, operativním a taktickém.

### 1.4 Supply chain management

Monczka, Trent, a Handfield (1998) píšou, že supply chain management je koncept, který vyžaduje odpovědnost tradičně oddělených prvků dodavatelského řetězce vůči jednomu výkonnému prvku odpovědnému za koordinaci celého dodavatelského procesu, a také vyžaduje společné vztahy mezi dodavateli na více úrovních. Supply chain management je podle autorů proces, jehož primárním cílem je integrovat a řídit získávání, tok a kontrolu

materiálů a hodnot s využitím celkové systémové perspektivy napříč různými úrovněmi dodavatelů.

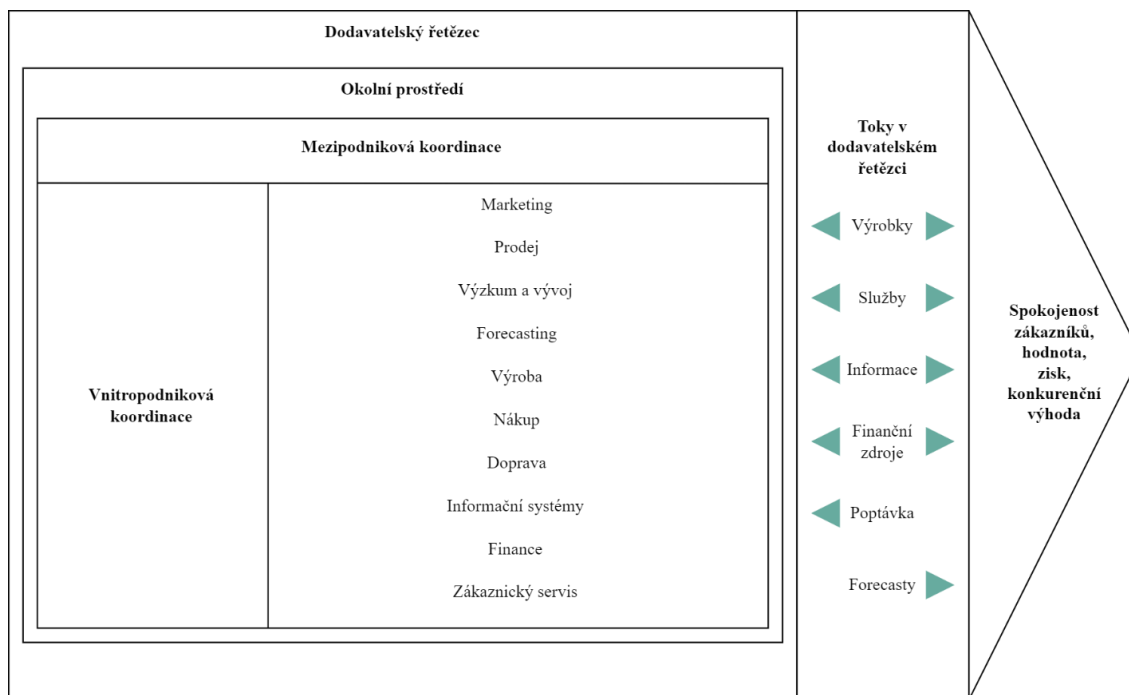
Mentzer (2001) definuje následující základní prvky filozofie supply chain managementu:

- systémový přístup k nahlížení na dodavatelský řetězec jako na celek a k řízení celkového toku zboží od dodavatele ke konečnému zákazníkovi,
- strategická orientace na kooperativní úsilí o synchronizaci a konvergenci vnitrofiremních a mezifiremních operačních a strategických schopností do jednoho celku,
- a zaměření na zákazníka s cílem vytvořit jedinečné a individualizované zdroje hodnoty pro zákazníka, vedoucí k jeho spokojenosti.

Metzner (2001) dále definuje následujících 7 aktivit, na které se podniky musí zaměřit pro úspěšnou implementaci supply chain managementu:

- integrované chování,
- vzájemné sdílení informací,
- vzájemné sdílení rizik a odměn,
- spolupráce,
- stejný cíl a stejné zaměření na uspokojení zákazníků,
- integrace procesů,
- a budování a udržování dlouhodobých vztahů.

Metzner (2001) dále definuje dva druhy koordinace a to vnitropodnikovou, tedy zkoumání rolí důvěry, závazků, rizika a životaschopnosti vnitřních funkcí a jejich koordinace a mezipodnikovou, tedy přesun funkcí a hodnot v rámci dodavatelského řetězce, roli různých dodavatelů, řízení vztahů mezi společnostmi a životaschopnost různých struktur dodavatelského řetězce. Celé schéma modelu supply chain managementu je zobrazen na obrázku 1.



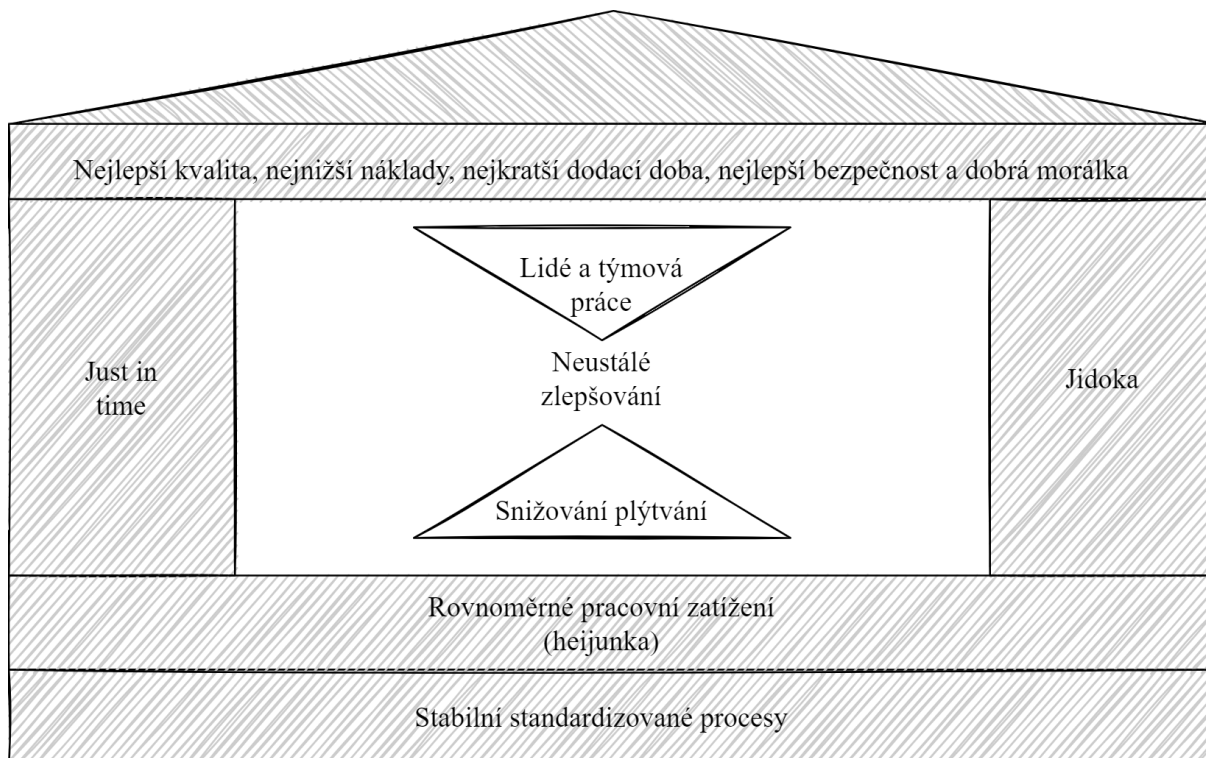
**Obrázek 1** Model supply chain managementu (zdroj: Metzner, 2001)

## 1.5 Štíhlá produkce

Štíhlá produkce byla definována Womackem et. al. (1990) při zkoumání rozdílů mezi americkými a japonskými společnostmi. Autoři jako nejefektivnější metodu řízení označují tzv. Toyota Production System. Sobek, et. al. (2010) definují štíhlou produkci jako přístup k řízení provozu, který rozděluje vynaložené zdroje a aktivity podle jejich přidané hodnoty (kladné i záporné) konečnému zákazníkovi, a to za využití různých nástrojů a metod, které pomáhají řídicím pracovníkům při neustálém zlepšování konkrétních procesů. Autoři dále zmiňují jako příklady těchto metod například mapování toku hodnot, kanban, push, pull systém a dělicí body, 5S, kaizen a další.

### **Toyota production system**

Toyota production system je autory Likerem a Morganem (2006) popsán jako systém pomáhající zajistit nejlepší kvalitu, nejnižší náklady, nejkratší dodací doby, nejlepší bezpečnost a dobrou morálku prostřednictvím eliminace plýtvání. Tento systém je zobrazen na obrázku 2.



**Obrázek 2** Toyota production system (zdroj: Liker a Morgan, 2006)

### **Kaizen**

Liker a Morgan (2006) definují kaizen jako filozofii neustálého zlepšování, které se uplatňuje ve všech procesech v celé organizaci jako základ štihlého managementu. Autoři píšou, že snížení zásob znamená problémy při zastavení operací a následný nedostatek dílů v dalších procesech a jidoka znamená že lidé a stroje zastavují procesy při odhalení problému, což odhaluje problémy. Podle autorů je důležité, aby byli lidé dostatečně motivovaní a schopní řešit nastalé problémy okamžitě a v co nejkratším čase. V opačném případě podle Likera a Morgana (2006) nastává eroze efektivity výroby a jako důsledek může být snížení konkurenceschopnosti celé organizace na trhu. Dle Likera a Morgana (2006) by proces odhalování a řešení problémů měl v organizaci probíhat neustále, opakovaně a ve všech jejich procesech.

### **Jidoka**

Liker a Morgan (2006) popisují jidoku jako model využívající stroj s lidskou inteligencí, který má udělat jednoduchý úkol, a to detekovat odchylku od normy a zastavit se při čekání na pomoc. Podle autorů lze tento koncept rozšířit na veškeré procesy, kdy při výskytu chyby nebo odchylky od plánu osoba nebo stroj signalizuje chybu, zastaví probíhající proces a požádá o pomoc. Díky zastavení procesu podle Likera a Morgana (2006) daný problém vyřešen rychleji a efektivněji, dále nehrozí nebezpečí úniku, což může vést k závadě



a problémům u zákazníka. Tyto problémy se podle autorů objevují neustále a jejich studování a potlačování je součástí filozofie neustálého zlepšování.

### **Just in time**

Ōno (1988) definuje just in time jako filozofii výroby, kdy materiál a díly potřebné k výrobě jsou dodávány na výrobní linku přesně v potřebný čas a pouze v potřebném množství, kdy při správném toku materiálu do výroby lze dosáhnout nulových zásob. Hlavním cílem je tak podle Ōnoa (1988) zeštíhlení podpůrných procesů ve výrobě a minimalizace nadbytečných nákladů v podniku.

### **Just in sequence**

Anđelković (2017) definuje just in sequence jako strategii řízení zásob vycházející z just in time, která znamená, že komponenty od dodavatele dorazí k montážní lince v konkrétní okamžik, kdy je potřeba a ve správném pořadí a v adekvátní verzi, v jaké je právě potřeba. Autor dále zmiňuje, že vzhledem k tomu, že komponenty musí přijet k montážní lince právě ve správnou chvíli, pracovníci mohou vzít komponenty přímo z kontejnerů nebo palet a instalovat je do finálního produktu bez nutnosti skladování nebo třídění.

Wagner a Silveira-Camargos (2011) uvádějí rozdíly mezi filozofiemi just in time a just in sequence v tabulce číslo 1.

**Tabulka 1** Rozdíly mezi just in time a just in sequence (zdroj: Wagner a Silveira-Camargos, 2011)

<b>Charakteristika</b>	<b>Just in time</b>	<b>Just in sequence</b>
Pojistná zásoba	Neefektivní	Velmi neefektivní
Požadavky na IT systémy	Standartní/integrované	Vysoce integrované
Stabilita sekvence	Nerelevantní	Absolutní nutnost
Reakční doby na narušení	Hodiny/dny	Hodiny/minuty
Náklady na zavedení	Vysoké	Velmi vysoké

### **Heijunka**

Základem celé koncepce Toyota production system je podle Likera a Morgana (2006) celková stabilita a standardizované efektivní procesy, na čemž je možné postavit systémy just in time a neustálého zlepšování zastavením a řešením nastalých problémů. Heijunka podle Likera a Morgana (2006) znamená vyrovnaní a jejím cílem je vytvořit rovnoměrný tok zakázek a rovnoměrné pracovní zatížení. Díky vyrovnaní pracovní zátěže podle autorů existují příležitosti ke standardizaci procesů.

## **Dělicí bod**

Chopra a Meindl (2016a) definují dělicí bod jako místo v toku materiálu (buď v dodavatelském řetězci nebo uvnitř organizace), kam přichází objednávka zákazníka. Chopra a Meindl (2016b) píše, že dělicí bod odděluje část toku materiálu, kde probíhají procesy, které jsou spuštěny (taženy) zákaznickovou objednávkou od části, kde probíhají procesy, které probíhají nezávisle na přímých objednávkách na základě předpovědi a plánovaného rozvrhu.

Naylor et. al. (1999) dále zdůrazňují důležitost dělicího bodu jako místo, kde jsou umístěny vyrovnávací zásoby jako štít mezi jednotlivými objednávkami zákazníků a plynulým výrobním výkonem.

## **1.6 Analýza dodavatelského řetězce mapováním toku hodnot**

Garner a Cooper (2003) definují mapu dodavatelského řetězce jako ztvárnění vazeb a členů dodavatelského řetězce doplněné o některé informace o obecné povaze celé mapy, Chopra a Meindl (2016a) dále dělí mapy dodavatelských řetězců na dva druhy:

- mapy založené na vztazích
- a mapy založené na aktivitě nebo procesu.

Autoři mapy založené na vztazích definují jako výchozí bod při předkládání širšího obrazu dodavatelského řetězce – jeho klíčové členy, hlavních toků a vzájemných vztahů, a to se záměrem poskytnout obecný pohled na aktivity a možnost alokace v dodavatelském řetězci bez zaměření se na specifické aktivity. Mapy založené na aktivitě Chopra a Meindl (2016a) definují jako ze své podstaty taktické, soustředí se na určité procesy v dodavatelském řetězci, které se objevují v entitě dodavatelského řetězce nebo mezi nimi, které také poskytují podstatně větší množství dat ohledně fází určitého procesu nebo dokonce jen o jediné operaci v organizaci.

## **1.7 Mapování dodavatelského řetězce**

Podle Gardnera a Coopera (2003) zobrazují mapy dodavatelských řetězců vazby a členy dodavatelského řetězce doplněné o různé informace o obecné povaze celé mapy. Chopra a Meindl (2016a) uvádějí, že nejčastěji jsou dodavatelské řetězce mapovány technikou mapování toku hodnot (Value Stream Mapping), kdy při snaze o identifikaci a eliminaci plýtvání, stejně jako při navrhování a plánování změn vedoucích ke zlepšení je mapování toku hodnot považováno za hlavní štihlý nástroj analýzy produktu a informačního toku. Mapování toku hodnot je podle autorů obvykle první štihlou akcí, jejímž cílem je systematické pochopení studovaného procesu nebo systému. Rother a Shook (1999) definují

předmětem mapování toku hodnot tok hodnot, kterým se rozumí všechny aktivity, které jsou aktuálně nutné k tomu, aby se produkt dostal skrze hlavní toky nezbytné pro každý produkt, a to tok výroby od surovin k zákazníkovi a tok plánování od konceptu po uvedení.

Podle Rothera a Shooka (1999) je mapování toku hodnot aktivitou sestávající se z následujících kroků:

- výběr množiny produktů,
- náskres aktuálního stavu,
- náskres budoucího stavu,
- a plánování práce a implementace.

Každá mapa pak podle Rothera a Shooka (1999) poté obsahuje 3 základní části, a to:

- informační tok (horní část mapy),
- materiálový tok (spodní část mapy),
- a harmonogram (časová osa pod vlastní mapou).

Mapa pro budoucí stav by podle společnosti Strategos Inc. (2018) měla být vytvářena v následujících krocích:

- převedení relevantních informací ze současného stavu,
- výpočet času taktu,
- identifikování úzkých míst,
- stanovení velikosti objednávek a nastavení příležitostí,
- identifikace potenciálních pracovišť,
- určení lokalit kanbanu,
- stanovení metod plánování,
- a výpočet času výroby a času cyklu.

Dujak et. al. (2020) definují výběr množiny produktu jako nultý krok, pokud stejné (v odlišných variantách) a/nebo související produkty vznikají ve stejném výrobním procesu, je logické soustředit pozornost na celou skupinu procesů související s produkty, kterou můžeme nazývat množina produktu. Podle autorů je důležité soustředit se pouze na jednu množinu produktů (nebo dokonce někdy výhradně na jediný produkt) a jejich tok hodnot.

## **1.8 Riziko v dodavatelském řetězci**

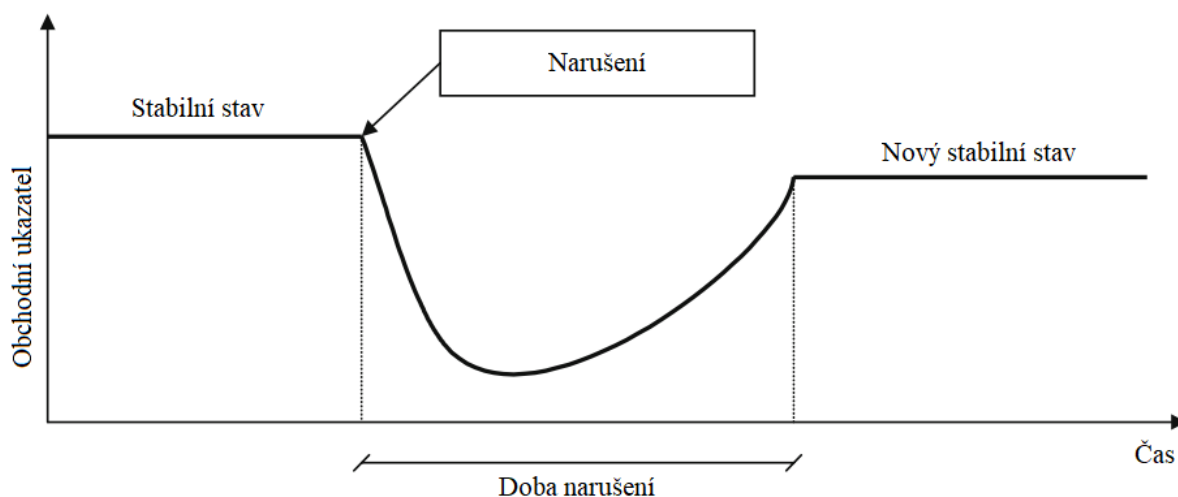
Zsidisin a Ritchie (2009) definují riziko v dodavatelském řetězci jako potenciál výskytu incidentu, nebo neschopnosti využití příležitosti, což může vést k finanční ztrátě. Autoři dále rozdělují možná rizika v dodavatelském řetězci do 3 skupin, které jsou:

- narušení dodávek zboží nebo služeb, včetně jejich kvality, které způsobuje prostoje a následné neuspokojení zákazníků ve správný čas,
- kolísání ceny, které může mít za následek přenesení nákladů na zákazníka zvýšením ceny zboží nebo služeb a v konečném důsledku také dopad na výsledku hospodaření,
- nízká kvalita zboží nebo služeb v kterémkoliv z článků dodavatelského řetězce, může mít dopad na úroveň spokojenosti zákazníků s důsledky na budoucích výnosech, případně bezprostředními reklamami,
- a špatná pověst firmy, která je často vytvářena problémy, které se přímo netýkají samotného dodavatelského řetězce.

## 1.9 Analýza zranitelnosti

Analýza zranitelnosti podle Asbjørnsletta (2009) souvisí s účelem dodavatelského řetězce jako dodavatele časových a místních služeb ve větší závislé síti, tedy operativní mise, a také schopnost systému dodavatelského řetězce znovu získat své pozice na svém trhu, tedy strategická mise. Vlivem zranitelnosti dodavatelského řetězce podle autora může nastat narušení stabilního stavu toku v dodavatelském řetězci, které je zobrazeno na obrázku 3, kde za stabilní situace zde dojde k nehodě nebo narušení, kvůli kterému dojde k narušení funkce vyjádřené určitým ukazatelem. Důležitým ukazatelem je podle Asbjørnsletta (2009) doba narušení, což je doba od nehody nebo narušení mající negativní vliv na daný obchodní ukazatel, dokud nedosáhne systém dodavatelského řetězce na nový stabilní stav. Tento nový stabilní stav může být podle autora na nižší, ale i vyšší úrovni než dříve. Asbjørnslett (2009) dále zmiňuje, že robustní systém zachovává svou systémovou strukturu nedotčenou a po narušení pokračuje na stejné úrovni stabilního stavu jako dříve, zatímco odolný systém se přizpůsobí tak, aby získal novou stabilní pozici.

Podle Asbjørnsletta (2009) by měly být systémy logistiky a dodavatelského řetězce odolné, což znamená že by měly být schopné plnit své poslání, tedy logistické služby, i přes prvotní neúspěch. Asbjørnslett (2009) píše, že analýza zranitelnosti je stěžejním nástrojem pro tvorbu robustních a odolných systémů dodavatelských řetězců.



**Obrázek 3** Obnovení stability po narušení (zdroj: Asbjørnslett, 2009)

Hlavní rozdíl mezi analýzou rizik a analýzou zranitelnosti vidí Asbjørnslett (2009) v zaměření analýzy. Analýza rizik je podle Asbjørnsletta (2009) zaměřena na člověka, životní prostředí a majetkové dopady náhodné události, zatímco analýza zranitelnosti je zaměřena na poslání systému a schopnost přežití systému. Analýza rizik podle Asbjørnsletta (2009) dává odpovědi na 3 otázky, a to:

- co se může pokazit,
- jaká je pravděpodobnost, že se to stane,
- a jaké jsou důsledky.

Analýza zranitelnosti se na druhé straně podle Asbjørnsletta (2009) zaměřuje na:

- rozšířený soubor hrozeb a důsledků,
- přiměřené zdroje ke zmírnění následků a přivedení systému do nové stability,
- a dobu narušení.

Asbjørnslett (2009) dále píše, že analýza zranitelnosti vychází z, a dále rozvíjí přístup k hodnocení rizik pro sociotechnické systémy, který je následovný:

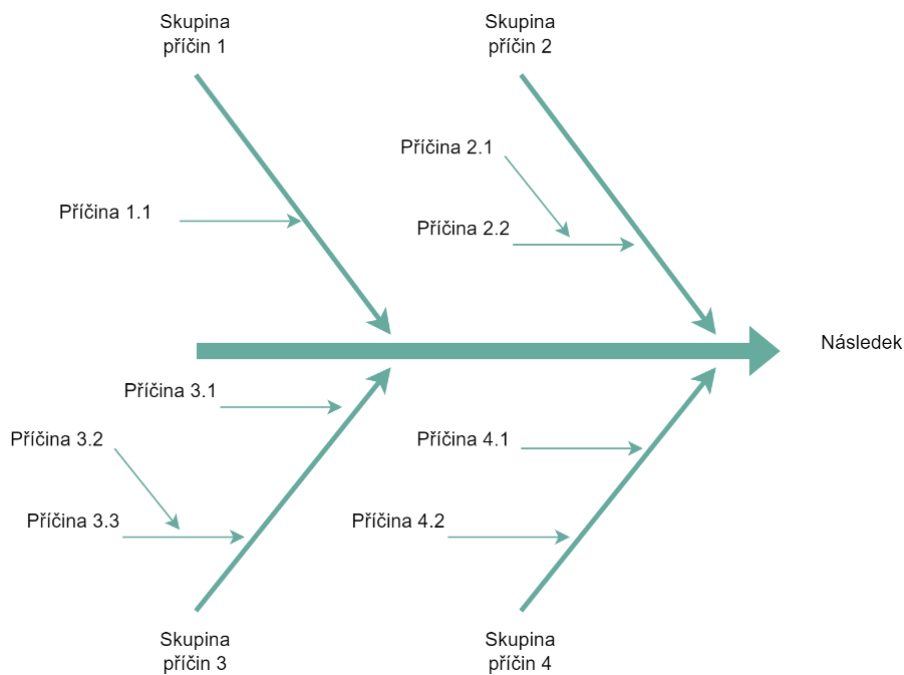
- charakteristika kontextu (pracoviště, organizace, účel, požadavky, zdroje),
- hodnocení zranitelnosti dodavatelských řetězců,
- identifikace rizika (potenciál narušení, pravděpodobnost, následky, typy poruch),
- rozhodnutí o protipatřeních (zásady, obrana, monitorování, postupy, komunikace)

### 1.9.1 Ishikawův diagram

Stefanovič et. al. (2014) definuje ishikawův diagram jako diagram příčina – důsledek, který je výsledkem obecného analýzy vlivu (příčiny), který způsobuje určitý určitý výsledek pozorovaného jevu (práce, procesy). Podle autorů má tato metoda široké uplatnění

v procesech zajišťování kvality všech funkcí společnosti, pokud jde o: identifikaci skutečných příčin problému, identifikaci a analýzu příčin a následků vztahů v toku materiálu a informací, které poskytují základ pro efektivní odstraňování problému.

Podle Stefanoviče et. al. (2014) je pro konstrukci diagramu příčin a následků důležitá analýza, jejíž výstupem jsou skupiny příčin, které se dále dělí na jednotlivé příčiny. Postup konstrukce takového diagramu je zobrazen na obrázku 4.



**Obrázek 4** Konstrukce diagramu příčin a následků (Zdroj: Stefanovič et. al., 2014)

## 1.10 Systematický přístup k řešení problémů

Heerkens a Van Winden (2017) uvádějí ve své práci věnující se systematickému řešení problémů následujících sedm kroků:

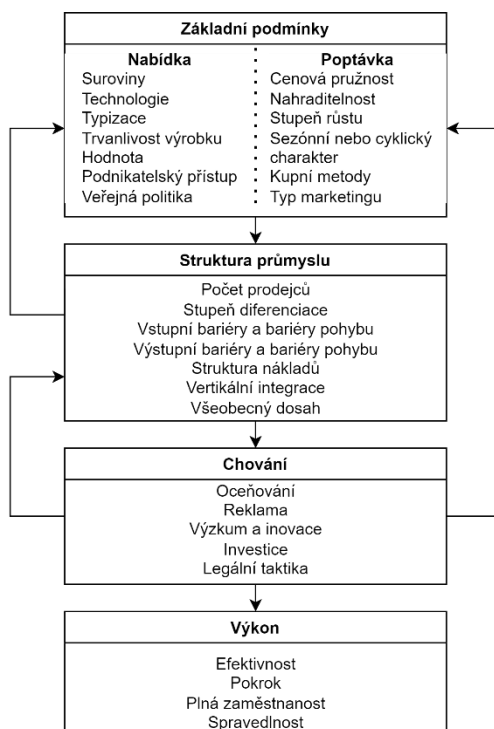
- definování problému,
- formulace přístupu,
- analýza podstaty problému a příčiny,
- formulování alternativních řešení,
- volba řešení,
- implementace řešení,
- a vyhodnocení řešení.

Kroky by podle Dujaka et. al. (2020) neměly být prováděny v tomto pořadí jeden po druhém, obzvláště pokud se jedná o komplexní problémy, v nichž týmy řešící problém budou činit nejen kroky vpřed, ale budou se muset také k různým předchozím krokům a fázím

vracet, aby problém redefinovali, lépe jej identifikovali, našli různé varianty řešení, možností a testování a konečného ověření implementovaných řešení.

## 1.11 Model organizace průmyslu

Kotler (1991) popisuje průmysl jako „skupinu firem, které nabízejí výrobky nebo druhy výrobků, které jsou snadno schopny vzájemně se nahrazovat“. Kotler (1991) tyto výrobky definuje jako výrobky s vysokou vzájemnou elasticitou poptávky, jsou tedy vzájemně snadno zaměnitelné. Model organizace takového průmyslu uvádí Scherer (1980), schématické zpracování tohoto modelu je zobrazeno na obrázku 5.



**Obrázek 5** Model organizace průmyslu (Scherer, 1980)

Scherer (1980) tento model uvádí jako nástroj pro analýzu jednotlivých průmyslových odvětví, a také jako nástroj pro srovnávání různých průmyslových odvětví mezi sebou. Autor popisuje tři skupiny ukazatelů, které se navzájem mezi sebou ovlivňují a společně mají vliv na celkový výkon tohoto průmyslu.

## 1.12 Hodnocení a výběr strategie

Dedouchová (2001) uvádí, že pro výběr strategie podniku je třeba hledat variantu, která splňuje následující kritéria:

- vhodnost,
- přijatelnost
- a proveditelnost.

Vhodnost je podle Dedouchové (2001) kritérium pro zhodnocení rozsahu, ve kterém navrhovaná strategie odpovídá situaci identifikované pomocí strategické analýzy, zabývá se přínosem strategie z hlediska udržení či zlepšení konkurenční pozice podniku. Dále je podle autorky nutné zjistit, zda daná varianta strategie využívá plně silných stránek podniku, do jaké míry je schopna zlepšit, nebo odstranit slabé stránky podniku a jak zapadá do celkové struktury podnikových cílů.

Přijatelnost je podle Dedouchové (2001) silně provázána s lidským očekáváním, přičemž je obtížné stanovit, pro koho má být strategie přijatelná. Podle autorky existují v podniku a v jeho okolí různé zájmové skupiny, které mají k podniku různé vztahy, záleží pouze na zájmu o podnik a velikosti síly, jakou tyto skupiny mají, aby mohly ovlivnit navrhovanou strategii a tím výkon podniku. Podle autorky je dále třeba vzít v úvahu, že se tyto zájmové skupiny mohou v čase měnit a mohou tedy zaujmout k podniku jinou pozici.

Proveditelnost strategie podle Dedouchové (2001) charakterizuje, zda může být daná strategie úspěšně implementována, přičemž navrhované strategické operace v rámci strategie musí být posuzovány z hlediska dosažitelnosti zdrojů a schopností podniku.

### **1.13 Měření rizika**

Hnilica a Fotr (2009) píšou, že stanovení velikosti rizika podniku, jeho určitých aktiv či investičních projektů je možné dvěma způsoby, a to buď číselně (pravděpodobnost ztráty, rozptylu či směrodatné odchylky sledované hodnoty), nebo jej lze stanovit i bez číselného vyjádření, které je možné získat pomocí what-if analýzy.

#### **1.13.1 What-if analýza**

Podstatou této analýzy je podle Hnilici a Fotra (2009) sledování změn vstupních veličin a jejich následků, které pak vytvářejí určitou situaci, která může v budoucnu nastat. Výběr těchto veličin je podle autorů závislý na subjektu, který tuto analýzu provádí, a který vychází z analýzy rizika a volby situací, jejichž zjištěné dopady mohou nejvíce přispět k poznání a posouzení rizika.

#### **1.13.2 Scénáře**

Scénáře podle Hnilici a Fotra (2009) popisují určité obrazy a popisy budoucnosti, tvořené konzistentními prvky a jejich vazbami v rámci souboru specifikovaných předpokladů.



Scénáře podle autorů nepředstavují prognózy, ale slouží jako podklady pro zlepšení přehledu o potenciálních trendů vývoje významných faktorů podnikatelského okolí a jejich vzájemných vazeb.

### **Kvalitativní scénáře**

Kvalitativní scénáře podle Hnilici a Fotra (2009) představují dlouhodobější vize vývoje, obvykle v podobě slovních popisů, jejichž cílem je obhajovat či zpochybňovat představy o budoucím vývoji těch faktorů, které jsou podstatné pro fungování a prosperitu firem. Dále podle autorů podporují tvorbu nových strategických variant, učení a dialogy uvnitř organizace a rozvíjejí angažovanost potřebnou k realizaci změn.

### **Kvantitativní scénáře**

Kvantitativní scénáře mají podle Hnilici a Fotra (2009) kvantitativní charakter a představují vzájemně konzistentní kombinace hodnot klíčových faktorů rizika a k jejich zobrazení se obvykle používají pravděpodobnostní stromy. Tyto scénáře podle autorů slouží bezprostředně ke stanovení dopadů, hodnocení a výběru rizikových rozhodnutí, jako je například uvedení nového výrobku na trh, jehož úspěch ovlivňuje spotřebitelská poptávka.

**Tabulka 2** Srovnání kvalitativních a kvantitativních scénářů (zdroj: Hnilica a Fotr, 2009)

Charakteristika	Scénáře	
	Kvalitativní	Kvantitativní
Povaha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Širší, makroekonomické a globální důsledky</li> <li>• Dlouhodobá orientace (5 až 10, případně 20 let)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specifická rizika ovlivňující rozhodování</li> <li>• Krátkodobější povaha</li> </ul>
Proces tvorby	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Široká perspektiva</li> <li>• Využití externích konzultantů a expertů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techniky založené na datech</li> <li>• Interní specialisté, oborový experti</li> </ul>
Využití	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generování nových strategických myšlenek</li> <li>• Tvorba vědomí možných budoucností a potřeby změn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stanovení dopadů rizikových rozhodnutí pro každý scénář, jejich hodnocení a výběr</li> </ul>

## **2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE POLOVODIČOVÝCH KOMPONENT ŠKODA AUTO A.S.**

Ve druhé části práce byla provedena analýza současného stavu dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl. Byli vysvětleny procesy ve výrobě polovodičových komponent, společnosti, které se jednotlivým procesům věnují a vazby mezi nimi.

### **2.1 Analýza základních podmínek ze strany nabídky**

V této části byly analyzovány základní podmínky na trhu ze strany nabídky, tedy faktory jako využívané suroviny, technologie ve výrobě nebo typizace.

#### **2.1.1 Polovodiče**

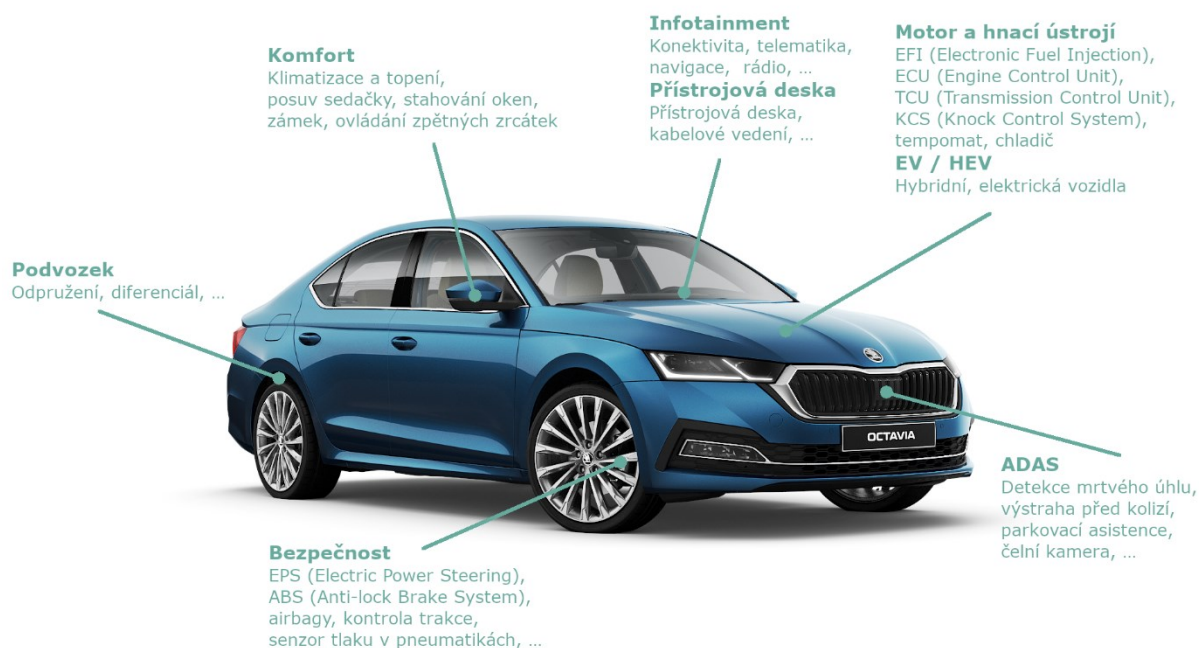
Podle Drápala a Kursa (2012) jsou polovodiče materiály, které se v oblasti nízkých teplot chovají jako izolanty, v oblasti vysokých teplot se chovají jako vodiče, za normálních teplot, cca 298 K je rezistivita  $\rho$  vodičů  $< \rho$  polovodičů  $< \rho$  izolantů. Konduktivita (vodivost) podle autorů u polovodičů s teplotou vzrůstá (na rozdíl od vodičů) a má elektronově – děrový charakter, na rozdíl od izolantů, které neobsahují volně pohyblivé elektrony a jiné volné nosiče náboje (např. ionty), a proto nevedou elektrický proud a vodičů, které obsahují volně pohyblivé elektrony.

Drápal a Kursa (2012) mezi polovodiče se řadí křemík (Si) a germanium (Ge), případně selen (Se) nebo tellur (Te), nejčastěji využívaným prvkem je podle Hitachi (2001) však křemík (Si), který je po kyslíku druhým nejrozšířenějším prvkem na planetě Zemi, kde se nejčastěji vyskytuje ve formě sloučenin s kyslíkem, hliníkem a hořčíkem. Podle Hitachi (2001) v důsledku toho musí být prvek křemíku extrahován ze sloučeniny a čištěn, protože křemík využívaný v polovodičových komponentech vyžaduje monokrystalickou strukturu s velmi vysokou čistotou (99, 999999999 %) a po extrakci je různými procesy zušlechťován.

#### **2.1.2 Polovodiče v automobilovém průmyslu**

Polovodičové komponenty pro automobilový průmysl Ardebili a Pecht (2009) rozdělují podle jejich druhu do následujících kategorií:

- procesory,
- senzory,
- paměti,
- integrované obvody,
- výkonové součástky,
- a LED.



**Obrázek 6** Polovodiče v automobilu (zdroj: Ardebili a Pecht, 2009, KPMG, 2019 a Deloitte, 2022a, Škoda Auto a.s., 2022)

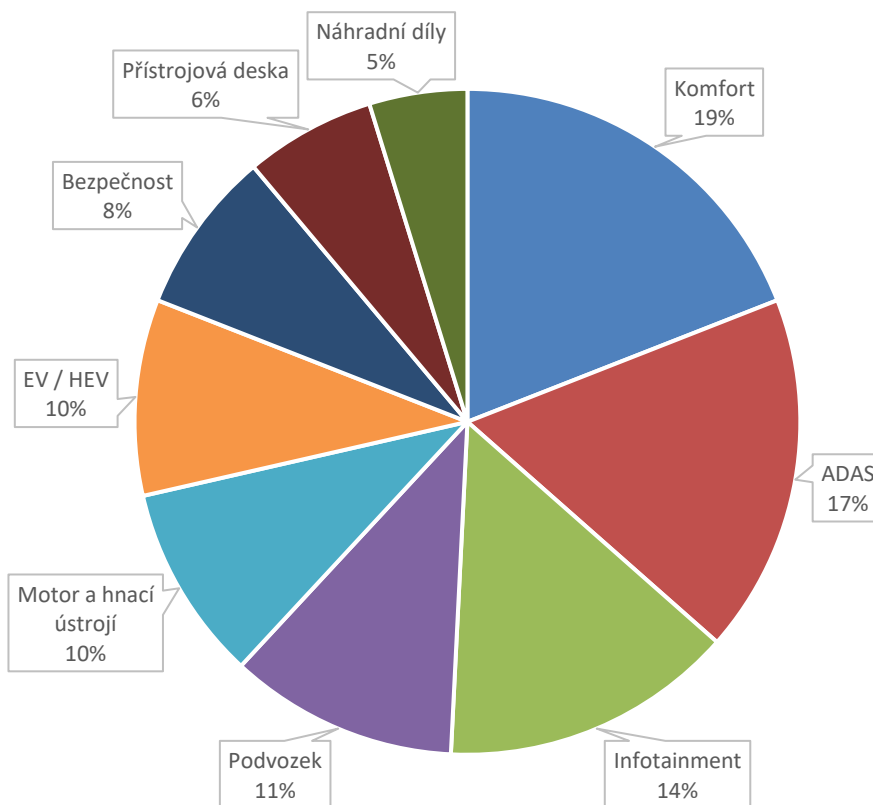
Přítomnost elektroniky v automobilech se podle Ardebili a Pechta (2009) zvyšuje vysokým tempem, kde všude se polovodiče ve vozech nachází je zobrazeno na obrázku 6. Ardebili a Pecht (2009) předpokládají, že v budoucnosti bude elektronika tvořit téměř třetinu celkových nákladů na celý vůz. Transformace automobilového průmyslu podle autorů dává vzniknout novým aplikacím elektroniky, jako autonomní řízení, vozy s plně elektrickým pohonem a rychlá a bezpečná komunikace a infotainment. V tabulce 4 byly uvedeny příklady systémů v jednotlivých segmentech, zvolených podle jejich určení.

**Tabulka 3** Elektronika v automobilech podle segmentu (zdroj: Ardebili a Pecht, 2009, KPMG, 2019 a Deloitte, 2022a)

Segment	Roční růst [%] (2017–2022)	Velikost [USD] (2022)	Sub segment
ADAS	23,6	11 B	Detekce mrtvého úhlu, výstraha před kolizí, parkovací asistence, čelní kamera, ...
Náhradní díly	6,1	3 B	Servis, opravy po nehodách, ...
Komfort	13,3	12 B	Klimatizace a topení, posuv sedačky, stahování oken, zámek, ovládání zpětných zrcátek
Podvozek	6,1	7 B	Odpružení, diferenciál, ...
EV / HEV	21	6 B	Hybridní, elektrická vozidla
Infotainment	8,2	9 B	Konektivita, telematika, navigace, rádio, ...
Přístrojová deska	11,2	4 B	Přístrojová deska, kabelové vedení, ...
Motor a hnací ústrojí	3,4	6 B	EFI (Electronic Fuel Injection), ECU (Engine Control Unit), TCU (Transmission Control Unit), KCS (Knock Control System), tempomat, chladič
Bezpečnost	2,6	5 B	EPS (Electric Power Steering), ABS (Anti-lock Brake System), airbagy, kontrola trakce, senzor tlaku v pneumatikách, ...

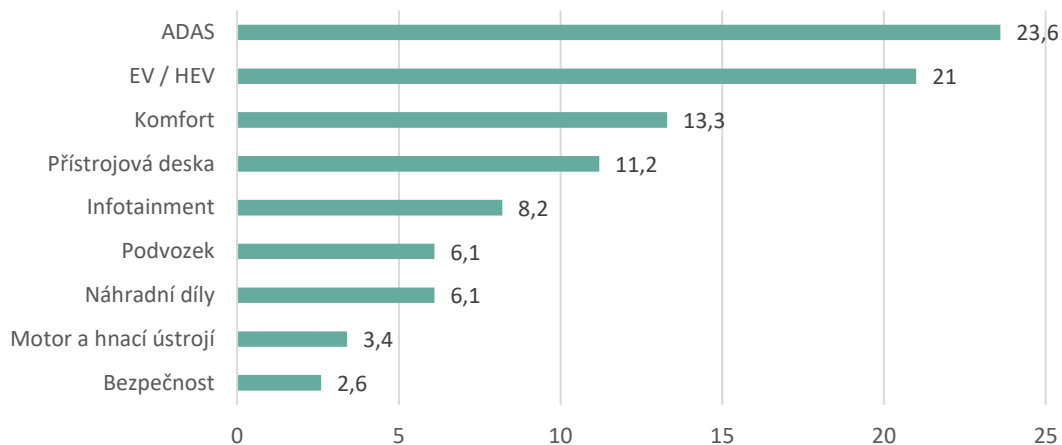
Elektronika v automobilech lze podle Ardebili a Pechta (2009), KPMG (2019) a Deloitte (2022a) rozdělit do segmentů ADAS (prvky autonomního řízení), komfort (klimatizace, stahování oken, ...), podvozek (odpružení, diferenciál, ...), EV / HEV (hybridní a elektrická vozidla), infotainment (telematika, rádio, ...), přístrojová deska (přístrojová deska, kabelové vedení, ...), motor a hnací ústrojí (EFI (electronic fuel injection), ECU (engine control unit), TCU (transmission control unit), ...), bezpečnost (EPS (Electric Power

Steering), ABS (Anti-lock Brake System), ...) a náhradní díly. Největším segmentem je komfort s 19 %, hned za ním je ADAS a infotainment, které tvoří asi polovinu celého trhu, jak je zobrazeno na obrázku 7.



**Obrázek 7** Podíl jednotlivých segmentů na celkovém trhu (zdroj: Deloitte, 2022a)

Deloitte (2022a) dále uvádí tempo růstu jednotlivých segmentů, kde, jak je zobrazeno na obrázku 8, s 23,6 % vede právě ADAS, který je již v současnosti jedním z nejdůležitějších segmentů trhu. Na druhém místě jsou specializované komponenty pro hybridní a elektrická vozidla, která v současnosti tvoří pouze 10 % trhu, na třetím místě je v současnosti největší tržní segment, a to komfort.



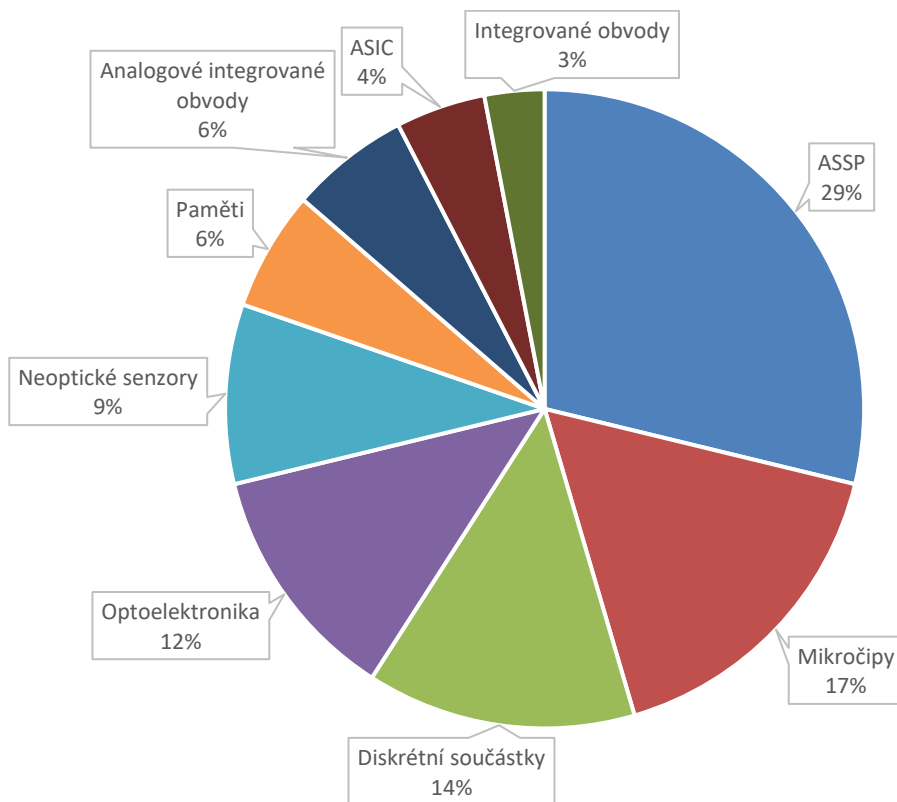
**Obrázek 8** Roční % růst jednotlivých segmentů (zdroj: Deloitte, 2022a)

Deloitte (2022a) rozděluje elektroniku v automobilech podle druhů součástek na integrované obvody (D/A převodník, spínač, multiplexer, napěťový regulátor, ...), paměti (DRAM, Flash paměť, NAND, ...), optoelektroniku (Obrazový snímač, LED, fotodioda, ...), diskrétní součástky (MOSFET, diody, ...), neoptické senzory (Senzory otisků prstů, inerciální Senzory, magnetické senzory, ...), mikročipy (Mikrokontroler, mikroprocesor, ...), Analogové integrované obvody (D/A převodník, spínač, multiplexer, napěťový regulátor, ...), ASIC (Application Specific Integrated Circuit) a ASSP (Application-specific standard product).

**Tabulka 4** Elektronika v automobilech podle druhu součástek (zdroj: Ardebili a Pecht, 2009, KPMG, 2019 a Deloitte, 2022a)

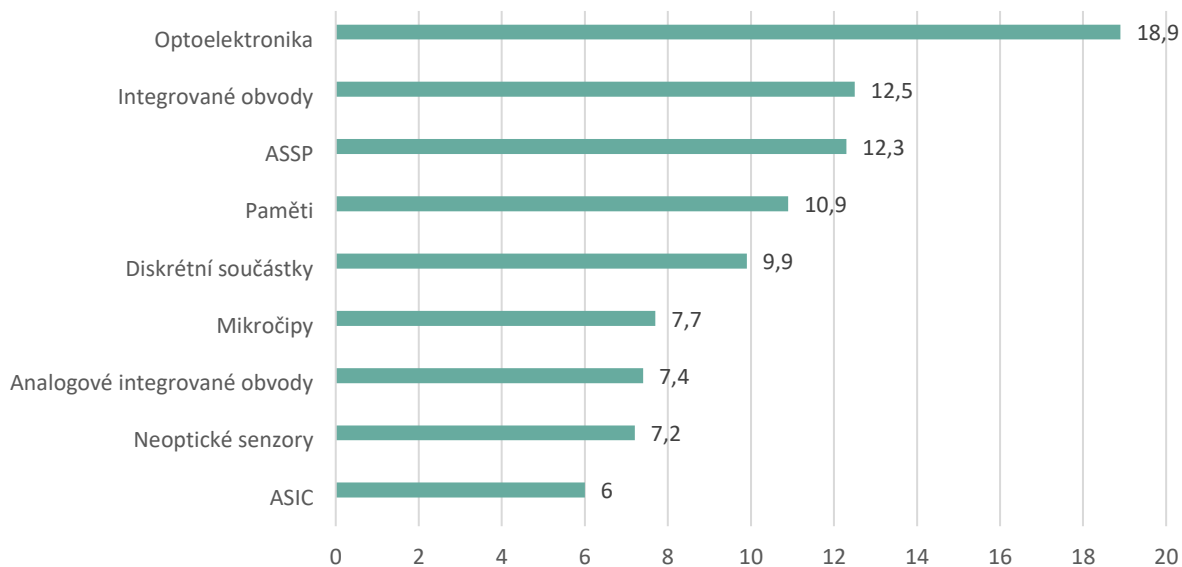
Segment	Roční růst [%] (2017–2022)	Velikost [USD] (2022)	Sub segment
Integrované obvody	12,5	2 B	D/A převodník, spínač, multiplexer, napěťový regulátor, ...
Paměti	10,9	4 B	DRAM, Flash paměť, NAND, ...
Optoelektronika	18,9	8 B	Obrazový snímač, LED, fotodioda, ...
Diskrétní součástky	9,9	9 B	MOSFET, diody, ...
Neoptické senzory	7,2	6 B	Senzory otisků prstů, inerciální Senzory, magnetické senzory, ...
Mikročipy	7,7	11 B	Mikrokontroler, mikroprocesor, ...
Analogové integrované obvody	7,4	4 B	D/A převodník, spínač, multiplexer, napěťový regulátor, ...
ASIC (Application Specific Integrated Circuit)	6	3 B	ASIC
ASSP (Application-specific standard product)	12,3	19 B	ASSP

Největším trhem jsou ASSP. Yiu (2016) popisuje ASSP jako víceúčelové zařízení, které je vytvořeno pomocí nástrojů a technologií ASIC, ale které je určeno pro použití ve více společnostech zabývajících se návrhem systémů. ASIC poté autor definuje jako komponenta, která je navržena a/nebo používána jedinou společností v konkrétním systému, může se jednat o určitý mikroprocesor nebo mikrokontroler, nebo jinou součástku. Druhou největší skupinou jsou mikročipy, třetí diskretní součástky, jak je zobrazeno na obrázku 9.



**Obrázek 9** Podíl jednotlivých druhů součástek na celkovém trhu (zdroj: Deloitte, 2022a)

Nejvíce rostoucími skupinami jsou, jak je zobrazeno na obrázku 10, optoelektronika (ve vztahu k ADAS), integrované obvody a ASSP, která je již v současnosti největším trhem.



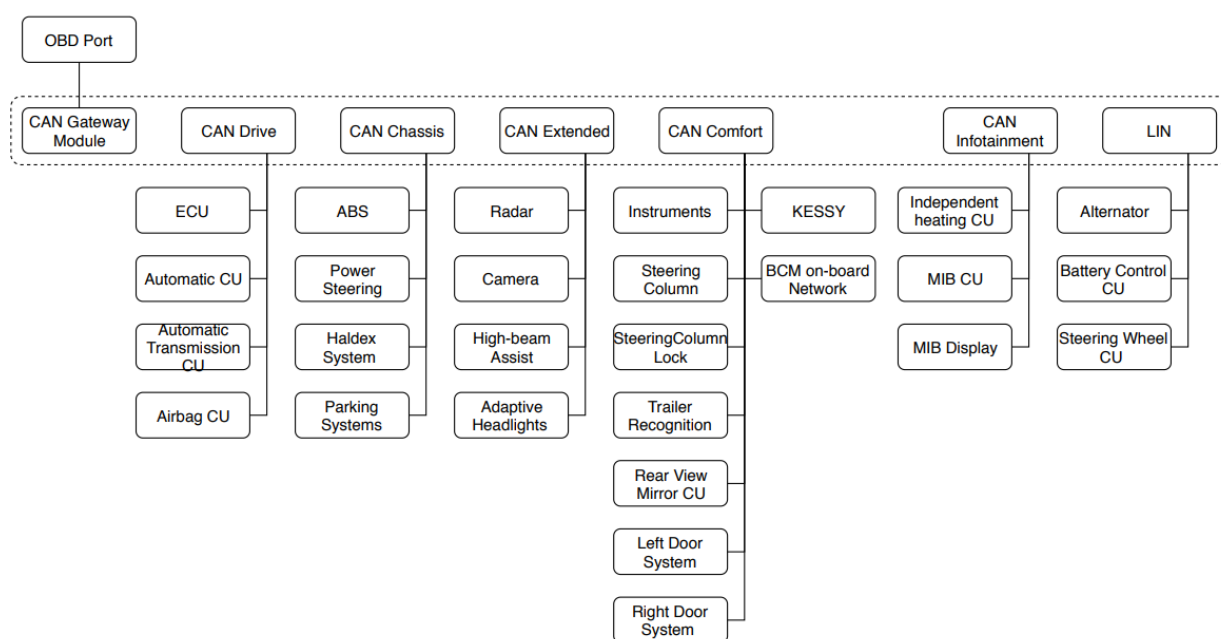
**Obrázek 10** Roční % růst jednotlivých druhů součástek (zdroj: Deloitte, 2022a)



### 2.1.3 CAN sběrnice

CAN (Controller Area Network) je podle Davise et. al. (2007) sériová komunikační sběrnice, která byla vyvinuta společností Robert Bosch GmbH v roce 1983. Tato sběrnice slouží k propojení jednotlivých řídicích jednotek v automobilu a zajišťuje komunikaci mezi nimi. Její adopce v automobilovém průmyslu bylo podle Davise et. al. (2007) nutná vzhledem k nárůstu počtu řídicích jednotek v automobilech, kdy při současném počtu není možné zajistit komunikaci mezi nimi spojeními z bodu do bodu, protože to by znamenalo desítky kilogramů měděných vodičů. V současné době jsou podle Davise et. al. (2007) téměř všechny automobily vyrobené v Evropě vybaveny CAN sběrnici a ve Spojených státech nařídila Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency) používání CAN pro palubní diagnostiku ve všech osobních a lehkých nákladních automobilech prodávaných v USA od modelového roku 2008.

Na obrázku 11 bylo zobrazeno schéma CAN sběrnice Škody Octavia vRS 2017, kde jsou uvedeny jednotlivé řídicí jednotky a jejich připojení na sběrnici.



**Obrázek 11** Schéma CAN sběrnice Škody Octavia vRS 2017 (zdroj: Urquhart, Colin et. al., 2019)

### 2.1.4 Současná architektura elektroniky v automobilech

Naprostá většina v současnosti vyráběných automobilů využívá architekturu stejnou, jaká je zobrazena na obrázku 11. Ve vozidle je tak velké množství samostatných řídicích jednotek, které mají každá pouze jeden účel a jsou vyvíjeny dodavateli tieru 1. Tyto samostatné řídicí jednotky jsou pak propojovány CAN sběrnici, která zajišťuje komunikaci

mezi nimi za použití různých protokolů v různých rychlostech přenosu (10 kbps–500 kbps podle Davise et. al. (2007)). Davis et. al. uvádí, že klastry jako infotainment a komfort jsou ve většině případů připojeny na pomalý CAN bus s rychlostí přenosu 125 kbps, klastry jako drive nebo chassis poté na rychlý CAN bus s rychlostí přenosu 500 kbps. Tento typ architektury se nazývá federovaná architektura.

### **2.1.5 Systémy kritické z hlediska bezpečnosti**

Pimentel (2006) uvádí systémy automobilu kritické z hlediska bezpečnosti, které pokud selžou, mohou mít za následek zranění nebo úmrtí posádky vozidla, a to:

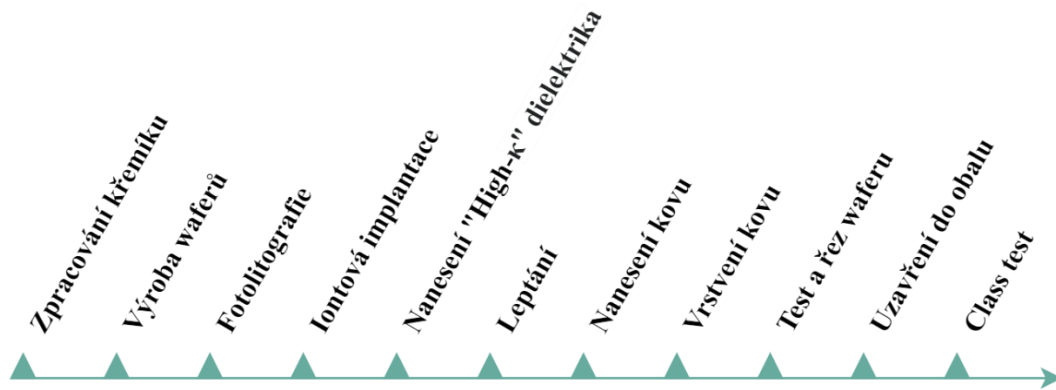
- systémy airbagů,
- brzdové systémy,
- bezpečnostní pásy,
- systémy posilovače řízení,
- pokročilé asistenční systémy řidiče,
- elektronické ovládání plynu,
- systém řízení baterie pro hybridy a elektromobily,
- elektrická parkovací brzda,
- systémy shift by wire,
- systémy drive by wire,
- a park by wire.

### **2.1.6 CMOS**

CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) je podle Takashiho (2002) označení pro technologii vynalezenou v roce 1963 Frankem Wanlassem ve společnosti Fairchild Semiconductor jako kombinace NMOS a PMOS tranzistorů, čehož se využívá u mikroprocesorů, mikrokontrolerů, senzorů, RAM (Random Access Memory), a dalších integrovaných obvodů. Hlavními výhodami CMOS technologie je podle Fairchild Semiconductor (1983) vysoká odolnost proti šumu a nízká spotřeba energie ve statickém stavu.

### **2.1.7 Výroba polovodičových komponentů**

Tato část byla věnována popisu výroby polovodičových komponent technikou fotolitografie. Tento výrobní postup je podobný u všech více zmíněných kategorií s měnicími se nároky na přesnost, velikost a složitost součástí, v této části byl uveden příklad výroby mikroprocesoru. Všechny procesy ve výrobě jsou obecně znázorněny na obrázku 12.



**Obrázek 12** Postup při výrobě mikroprocesoru (zdroj: Intel, 2011 a Deloitte, 2022a)

### **Zpracování křemíku**

Intel Corporation (2011) jako základní materiál pro výrobu většiny polovodičových součástek je křemík, který je po kyslíku druhým nejvíce zastoupeným prvkem na planetě zemi (Intel, 2011). Do výroby je pak podle Intel Corporation (2011) nutný oxid křemičitý ( $\text{SiO}_2$ ), který musí být v několika krocích vyčištěn, aby bylo dosaženo požadované kvality (Electronic Grade Silicon).

### **Výroba waferů**

Křemík je následně podle Intel Corporation (2011) přetaven do ingotů o hmotnosti 100 kg a čistotě 99,9999999 %, ty jsou poté rozřezány na tzv. wafery o poloměru 300 mm a tloušťce 1 mm.

### **Iontová implementace**

Na wafer jsou pak podle Intel Corporation (2011) implementovány ionty urychlené na velmi vysokou rychlost, takto implementované ionty upravují vodivost křemíku v určených oblastech.

### **Nanesení dielektrika**

Na povrch waferu je podle Intel Corporation (2011) nanášeno v mnoha velmi tenkých vrstvách (na bázi atomu) dielektrikum, které působí jako izolace mezi elektrodami.

### **Fotolitografie**

Dalším krokem je podle Intel Corporation (2011) nanosení foto citlivé látky, tzv. fotorezistu na povrch waferu, který je po dobu nanášení otáčen, aby bylo dosaženo rovnoměrného pokrytí tenkou vrstvou fotorezistu. Intel Corporation (2011) poté uvádí, že následujícím krokem je osvětlení waferu ultrafialovým zářením, které je zaměřeno čočkami, tak aby bylo možné vytvořit dostatečně malé spoje, přes masku, která působí jako šablona pro vytvoření různých obvodů na mikroprocesoru.

## **Leptání**

Po odstranění přebytečného fotorezistu podle Intel Corporation (2011) zůstane tento materiál pouze na místech daných maskou, kde chrání high- $\kappa$  dielektrikum, které nemá být odstraněno, zbytek dielektrika je odleptán.

## **Nanesení a vrstvení kovu**

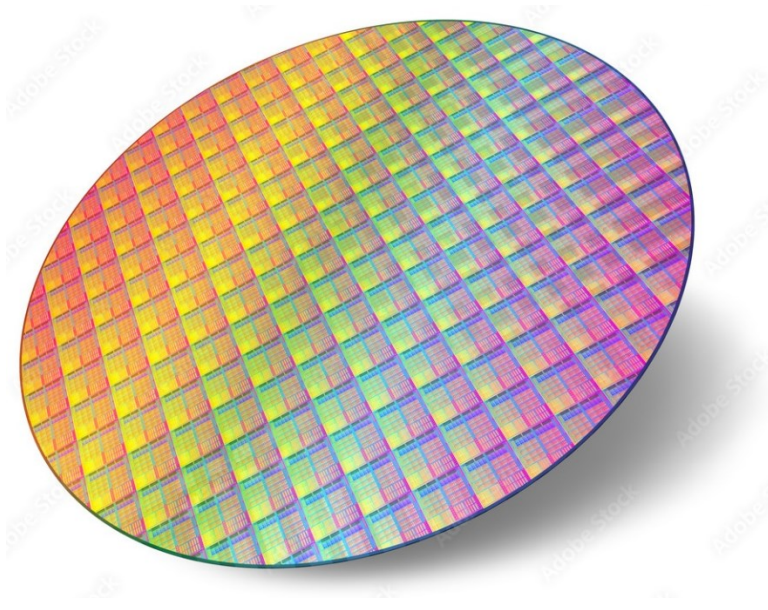
Intel Corporation (2011) dále zmiňuje, že na wafer je nanesena vrstva mědi galvanickým pokováním, kdy se kov pohybuje v roztoku díky působení elektrického pole od pozitivní elektrody (anody) k negativní (katodě), což je v tomto případě wafer. Těchto vrstev je poté podle Intel Corporation (2011) naneseno i přes 30 tak, aby se vytvořila propojení mezi jednotlivými tranzistory.

## **Test a řez waferu, uzavření do obalu a Class test**

Wafer je dle Intel Corporation (2011) v této fázi již možno podrobit testu funkcionality, protože jednotlivé čipy na waferu jsou již dokončeny, poté následuje jeho rozřezání, nefunkční čipy jsou odstraněny a uzavřeny do obalu opatřeného piny pro připojení společně s komponentem pro zajištění chlazení mikroprocesoru. Následuje poslední, tzv. Class test, který ověřuje důležité charakteristiky procesoru, jako jsou ztráty energie nebo maximální frekvence, jak uvádí Intel Corporation (2011).

### **2.1.8 Wafery**

Křemíkové wafery jsou, jak uvádí The Facilities 450 mm Consortium (2017) vyráběny ve formě kruhů o poloměrech od 23 mm potenciálně až do 450 mm, jak wafer vypadá je zobrazeno na obrázku 13.



**Obrázek 13** Wafer (Adobe Stock, 2022)

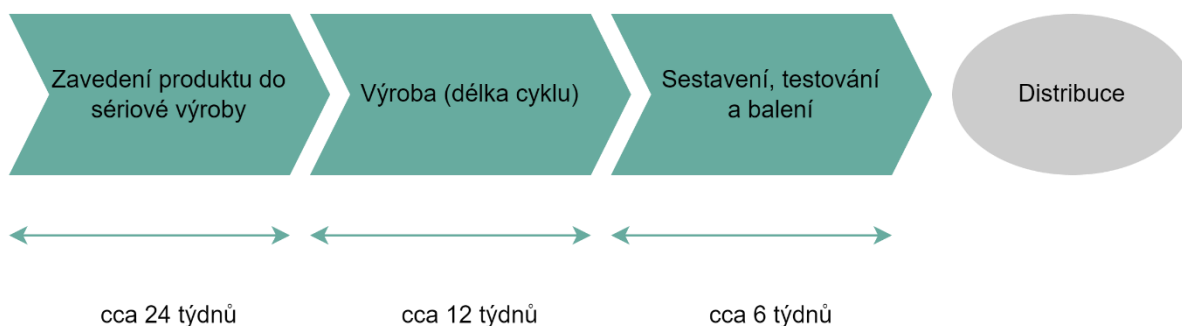
Podle autora Virginiasemi (2017) je v současnosti standartní velikostí 300 mm, společnosti jako Intel, Samsung a TSMC v současnosti vyvíjejí metody pro výrobu waferů o velikosti 450 mm, což by znamenalo, že na každém waferu bude možné vyrobit až o cca 50 % více součástek, než je tomu v současnosti. Cena jednoho 300 mm waferu se pohybuje okolo 400 USD, jak uvádí Mulay (2022). Historický vývoj velikosti waferů je zobrazen v tabulce 5.

**Tabulka 5** Vývoj velikosti waferů (zdroj: The Facilities 450 mm Consortium, 2017)

1960	1963	1969	1972	1976	1981	1983	1992	2002	202X
23 mm	28 mm	50 mm	75 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	300 mm	450 mm

### 2.1.9 Délka výroby

Délka výroby polovodičových komponentů je podle SIA (2021) závislá na jejich druhu a složitosti jejich výroby, ale obecně po zadání objednávky, kde není zahrnuta doba návrhu, trvá asi 24 týdnů uvést produkt do sériové výroby při plném efektivním využití výrobních kapacit. Amsrud (2021) uvádí, že délka výroby jednoho komponentu se v závislosti na jeho druhu a složitosti pohybuje okolo 12 týdnů, například u čipů pro relativně složitá zařízení jako MCU (Microcontroller Unit) trvá výroba okolo 6 týdnů, u inerciálního senzoru systému ESC (Electronic Stability Program) je tato doba až 20 týdnů. Podle SIA (2021) poté následuje fáze sestavení jednotlivých komponentů, jejich finální testování a balení pro distribuci. Tyto cykly jsou vyobrazeny na obrázku 14.



**Obrázek 14** Délka produkčního cyklu (zdroj: SIA, 2021)

#### 2.1.10 Mikrokontrolery (MCU)

Polovodičový průmysl je podle IHS Markit (2021) obsluhován více než 90 IDM (integrated device manufacturer) a faby (smluvní výrobci), které jsou z velké části založeny na 200 mm velikostech waferů a starších technologiích (např. 180 nm pro různé senzory). IHS Markit (2021) uvádí, že složitější komponenty využívané v automobilovém průmyslu, jako např. vysoce výkoné MCU (microcontroller unit) jsou vyráběny za využití technologií

s velikostmi pod 40 nm na 200 mm a 300 mm waferech (z důvodů vyšší efektivity výroby). Tyto MCU jsou navrhovány a vyráběny společnostmi zmíněnými v tabulce 7, kde je také znázorněno, zda mají výrobu vlastní, nebo ji poptávají u jiných výrobců. Z dat IHS Markit (2021) vyplývá, že i když trh návrhu MCU je poměrně konkurenční, co se týče výroby, až 70 % těchto čipů pochází od TSMC.

**Tabulka 6** Podíl trhu návrhu a výroby MCU pro automobilový průmysl (zdroj: IHS Markit, 2021).

Dodavatel	Podíl trhu	Velikost [nm]				
		16	28	40/45	65	110/130
Renesas Electronics Co.	30 %		TSMC	TSMC		TSMC
NXP Semiconductors	26 %	TSMC	TSMC			
Infineon	14 %	TSMC		TSMC	TSMC	TSMC
Cypress Semiconductor	9 %			UMC		
Texas Instruments	7 %			TSMC a UMC	Vlastní fab	
Microchip Technology	7 %			Několik cizích fabů	Několik cizích fabů	
STMicroelectronics	5 %		Většina vlastní, malé množství TSMC	Většina vlastní, malé množství TSMC		
<b>Celkem</b>	<b>98 %</b>					

Většina problémů v zásobování ve výrobě vozidel je podle IHS Markit (2021) způsobena nedostatkem MCU, které jsou v dnešních vozidlech všudypřítomné. IHS Markit (2021) uvádí, že průměrné vozidlo se spalovacím motorem má kolem 20 MCU, u vozidel vyšších tříd je to až 40. IHS Markit (2021) uvádí, že MCU jsou výrobci automobilů nakupovány v „directed-buy“ režimu, kdy OEM předepisuje dodavatelům tieru 1, kterého dodavatele využít, každé vozidlo pak sice spoléhá na několik dodavatelů komponent, např. až osm dodavatelů u Hondy Accord, modelový rok 2018, tito dodavatelé však ze 70 % využívají výroby jednoho dodavatele, a to TSMC.

MCU (system-on-chip a ASIC) navíc podle IHS Markit (2021) neumožňují snadno zajištění dodávek od jiných dodavatelů, protože mají proprietární architektury, na rozdíl od

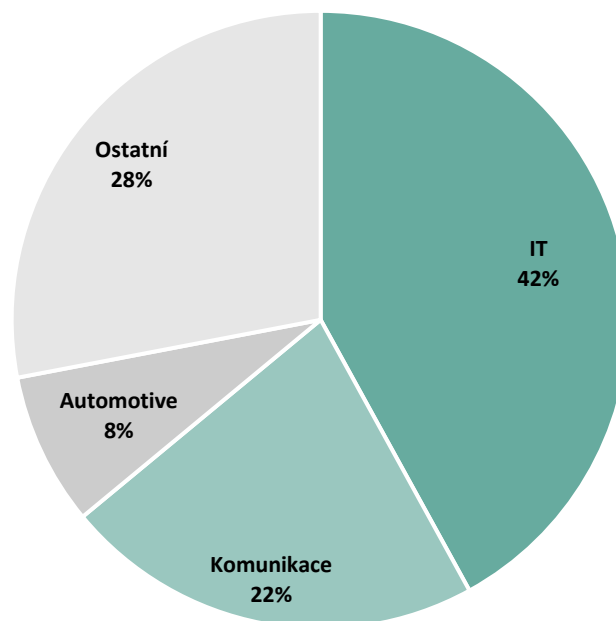
paměti, diskretních a výkonových zařízení, standartních analogových integrovaných obvodů senzorů, akčních členů a logických integrovaných obvodů tento problém nenastává, protože jsou obecně snadněji zaměnitelné. Díky tomuto omezení lze dodávky navýšit pouze zvyšováním vlastní produkce držitelů IP, kteří pak ve většině outsourcují tuto výrobu k TSMC.

## 2.2 Analýza základních podmínek ze strany poptávky

V této části byly analyzovány základní podmínky trhu z hlediska poptávky, tedy například nahraditelnost, sezónnost nebo kupní metody.

### 2.2.1 Specifika automobilového průmyslu

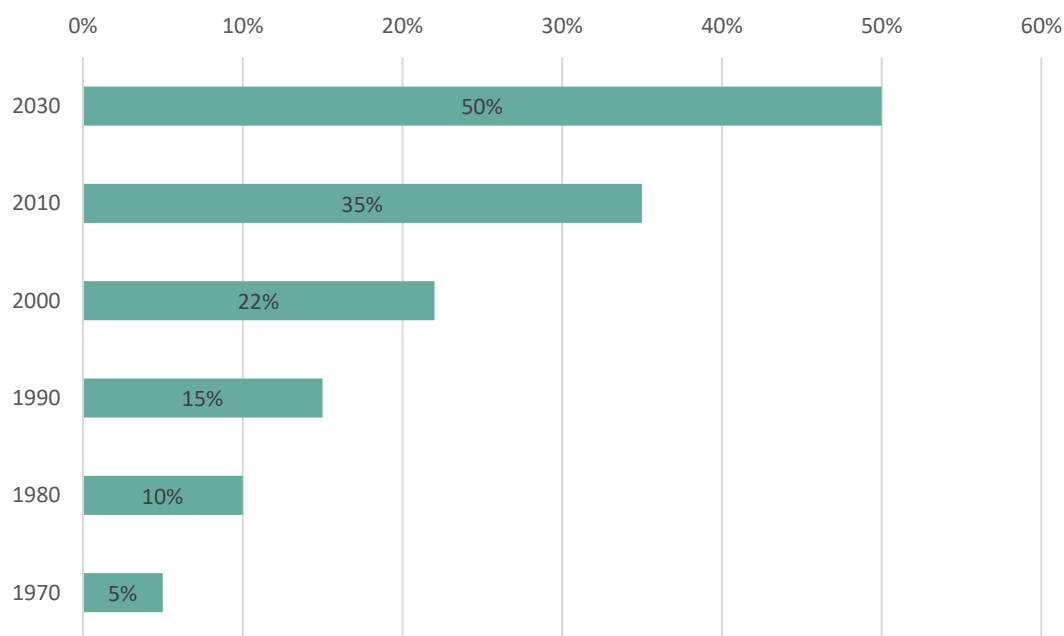
V další části práce byly popsány specifika trhu polovodičových komponentů pro automobilový průmysl, a jeho srovnání s dominantními trhy IT a komunikací, které podle Zvei (2011) tvoří až tři čtvrtiny všech odběratelů, jak je zobrazeno níže na obrázku 15.



**Obrázek 15** Podíl trhu odběratelů polovodičových komponentů (zdroj: Zvei, 2011)

Deloitte uvádí, že význam elektroniky v automobilech se díky vládním regulacím a poptávce zákazníků poměrně významně zvyšuje a většina probíhající automobilové inovace dnes pocházejí právě z oblasti elektroniky, díky čemuž podíl elektroniky na celkových nákladech výroby automobilu vzrostl z přibližně 20 % v roce 2000 na přibližně 35 % v roce 2010 a v dalších 10 letech může dosáhnout až 50 %, jak je zobrazeno na obrázku 16. Deloitte

(2022a) očekává, že elektronika pro automotive a pro průmysl budou v následujících letech nejrychleji rostoucími trhy v polovodičovém průmyslu.



**Obrázek 16** Podíl elektroniky na celkových nákladech výroby automobilu (zdroj: Deloitte, 2022a)

### 2.2.2 Životní cyklus

Forster et. al. (2013) uvádí, že životní cyklus produktu pro automobilový průmysl a pro výpočetní techniku se v mnohém liší. Vývoj polovodičových komponentů se řídí podle Moorova zákona, který říká, že počet tranzistorů umístěných na integrovaný obvod se při zachování stejné ceny zhruba každé 2 roky zdvojnásobí, Moore (1965). Hlavním motorem vývoje je Takashiho (2002), downsizing tranzistorů, a s tím spojené změny ve výrobním procesu, což je znázorněno níže na příkladu technologie CMOS v tabulce 7.

**Tabulka 7** Downsizing CMOS technologie (zdroj: Takashi, 2002)

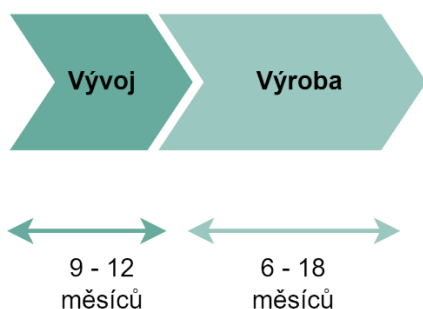
<b>Velikost</b>	10 $\mu\text{m}$	.....	45 nm	32 nm	28 nm	22 nm	15 nm	10 nm	7 nm	5 nm
<b>Rok</b>	1970	.....	2005	2007	2009	2012	2013	2015	2017	2021

Forster et. al. (2013) uvádí, že délka vývoje v IT a telekomunikacích je u polovodičových součástek 9–12 měsíců a doba jejich produkce 6 – 18 měsíců, ale vzhledem k delším životním cyklům automobilů trvá vývoj součástek pro automobilový průmysl 2–5 let, jejich sériová produkce 2–7 let a dále je nutné zajistit ještě 10–15 let dodávek náhradních dílů. Vzhledem k nesouladu v těchto životních cyklech využívá automobilový průmysl

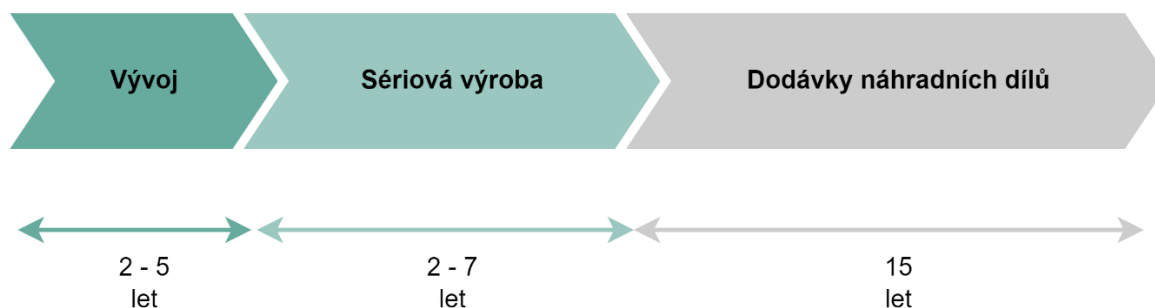


v nových automobilech mnohdy již při jejich uvedení na trh poměrně zastaralou technologií, jejíž dodávky je nutné zajišťovat po dalších cca 15 let po ukončení sériové výroby. Srovnání délek životního cyklu mezi těmito odvětvími je zobrazeno na obrázku 17.

#### IT a komunikace



#### Automobilový průmysl



**Obrázek 17** Srovnání délky životního cyklu mezi odvětvími (zdroj: Forster et. al., 2013).

### 2.2.3 Náhradní díly

Rozdílná délka životních cyklů produktů mezi odvětvími působí vzhledem k relativně slabému postavení automobilového průmyslu (vzhledem k poměrně malému podílu na trhu) velké problémy. Dodavatelé polovodičových komponentů fungují převážně v krátkých, přibližně dvouletých produkčních cyklech, zatímco výrobci automobilů požadují po ukončení sériové produkce 15 let zásoby náhradních dílů. Forster et. al. (2013) uvádí, že na rozdíl od ostatních druhů dílů je však obtížné skladovat polovodičové komponenty po dlouhou dobu, navíc zachování produkce náhradních dílů je spojeno s velmi vysokými náklady. Tyto faktory přispívají k nevoli dodavatelů udržovat výrobní kapacity pro z jejich pohledu velmi zastaralé technologie.

### 2.2.4 Požadavky na kvalitu



Společnosti Volkswagen (2017) ve své interní normě VW 80000 rozděluje nároky na kvalitu a s nimi spojené testy kvality do dvou kategorií, a to elektrické požadavky a

požadavky na odolnost vlivům prostředí. Elektrické požadavky jsou vesměs shodné s jinými odvětvími, je zde pouze kladen důraz na robustnost a dlouhou životnost komponentů. Požadavky na odolnost vlivům prostředí Volkswagen (2017) rozděluje do následujících kategorií:

- mechanická odolnost,
- odolnost proti klimatickým vlivům,
- chemická odolnost.

Volkswagen (2017) uvádí, že v případě mechanické odolnosti je požadována odolnost proti nárazu, proti nárazu kamene, proti vibracím a dalším, odolnost proti klimatickým vlivům sleduje jevy jako vysoká, nízká teplota a její změny, odolnost proti soli, odolnost proti vodě (IP 0 až IP 6K), a to i při vysokém tlaku, nebo například odolnost proti solární radiaci a UV záření, dále je požadována odolnost proti různým chemikáliím.

Hlavním rozdílem požadavků automobilového průmyslu jsou podle Zvei (2013) požadavky na mechanickou odolnost a odolnost proti klimatickým vlivům. Dosažení těchto parametrů je dále sníženo požadavkem na velmi dlouhou životnost těchto komponentů při nezměněných vlastnostech komponentů. Typická délka životního cyklu těchto čipů je podle Zvei (2013) buď 15 let, 600 000 km, 12 000 hodin při běžícím motoru nebo 54 000 hodin běhových cyklů motoru. Musí si tak udržet veškerou funkčnost a odolnost po dobu asi 15 let, což je velký rozdíl oproti asi 2 letům v jiných odvětvích. Pro srovnání byly tyto specifické požadavky srovnány s požadavky na komponenty pro výrobu mobilních telefonů, což je zobrazeno na obrázku 18.

		
28 nm → 7 nm	Technologie	> 180 nm → 7 nm
900 MHz → 2,7 GHz	Frekvence	30 MHz → 5,9 GHz
0,5 V → 1,8 V	Napětí	1 V → 60 V
0 °C → 40 °C	Teploty	-40 °C → 155 °C
1 – 3 roky	Životní cyklus	10 – 15 let
< 10 %	Poruchovost	Nulová

**Obrázek 18** Srovnání požadavků automotive a výrobců mobilních telefonů (zdroj: Deloitte, 2022a a Zvei, 2013)

### 2.2.5 Plánování dodávek

Polovodičový průmysl podle Forstera (2013) funguje vzhledem k dlouhým dodacím lhůtám ve většině odvětví v delších plánovacích horizontech (až 6 měsíců), automobilový průmysl vzhledem ke kratším dodacím lhůtám a požadavkům zákazníků na flexibilitu plánuje krátkodobě. Několik dní před zahájením montáže je podle autora připraven hlavní výrobní plán podle principu just in sequence, v důsledku čehož dosáhl automobilový průmysl vyšší úrovně adaptability, tedy může zvýšit objem výroby ve velmi krátké době. Autor dále uvádí, že je obvyklé, že dodavatelé polovodičových komponentů dostávají od zákazníků z automobilového průmyslu spolehlivá data pro plánování pouze na další 2 až 3 měsíce. Jediným způsobem, jak kompenzovat nedostatek spolehlivosti plánování je pak podle autora pouze vytváření velkých zásob.

Podle Clarka (2021) v současnosti z důvodů nesouladu mezi nabídkou a poptávkou dodavatelé upřednostňují odběratele, kteří se chovají spíše jako partneři, a to tím, že podnikají kroky, jako je podepisování dlouhodobých nákupních závazků nebo se podílejí na investicích do zvýšení výrobních kapacit výrobců. Dále podle autora žádají klienty, aby zlepšili předávání informací o tom, jaké produkty a v jakém množství budou potřebovat, a to s co největším předstihem. Clark (2021) poté uvádí příklad společnosti Marvell Technology ze Silicon Valley, která navrhuje čipy a outsourcuje jejich výrobu. Zatímco dříve podle autora dávala fabům odhady potřeb výroby čipů na 12 měsíců, od dubna 2021 jim začala poskytovat pětileté prognózy.

Nakashima a Sornmanapong (2013) uvádí, že vzhledem k vyššímu množství dodavatelů v několika úrovních dochází také k problémům s předáváním dat nutných pro efektivní plánování dodavatelům polovodičových komponentů, kteří nejsou integrováni do plánování OEM a jsou závislí na datech 1. tieru dodavatelů. Právě sdílení důležitých informací je podle autorů na základě principů štíhlé produkce jedním ze stěžejních způsobů absorbování nejistoty.

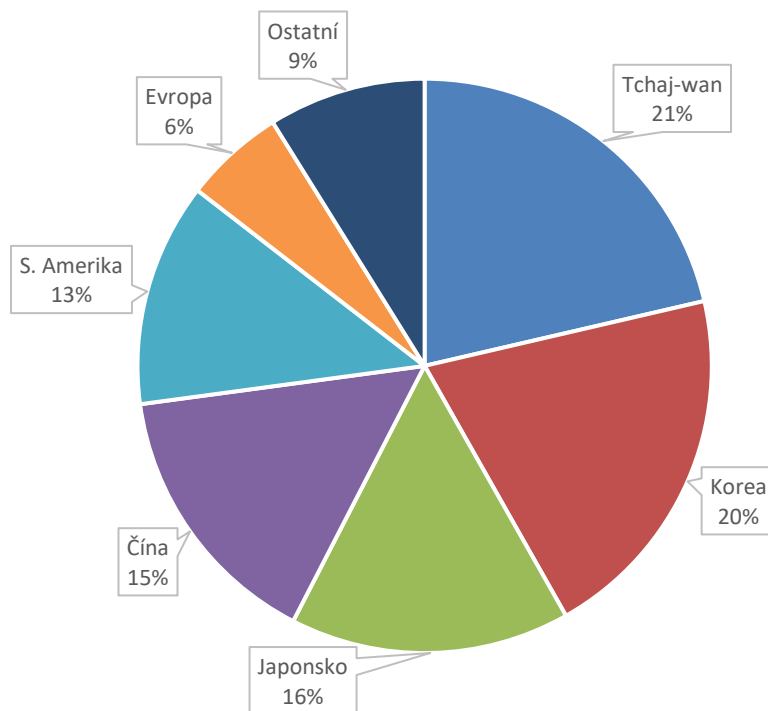
Podle Clarka (2021) jde o podstatnou změnu pro vyspělé odvětví s pomalým růstem, kde mnoho výrobců prodávalo převážně zaměnitelné produkty a často se snažilo udržet své fabry v ziskovém provozu při klesajících prodejích zejména u produktů, jako jsou počítače a chytré telefony, které vedli poptávku po čipech. Uplatnění čipů se však rozšiřuje a jsou nezbytné pro stále více produktů, díky tomu může podle Clarka (2021) tento rychlý růst, který nastal v poslední době, dlouhodobě přetrvávat.

## **2.3 Analýza struktury průmyslu**

V této části byla popsána struktura průmyslu výroby polovodičových komponent pro automobilový průmysl, tedy počet prodejců, stupeň diferenciací nebo vstupní bariéry a bariéry pohybu.

### **2.3.1 Kapacita výroby polovodičů v jednotlivých zemích**

Zemí s největší výrobní kapacitou je podle AnySilicon (2020) Tchaj-wan s přibližně stejnou kapacitou je na druhém místě Korea, následuje Japonsko a Čína. Celkem 72 % celkové výrobní kapacity se nachází v Asii, 13 % v Severní Americe a pouze 6 % v Evropě, jak je zobrazeno na obrázku 19.



**Obrázek 19** Kapacity výroby polovodičových komponent podle zemí (AnySilicon, 2020)

### 2.3.2 Struktura dodavatelů

Jak uvádí Amsrud (2021), výroba polovodičových komponentů je velmi složitý a časově náročný proces. Výroba čipu pro relativně složitá zařízení jako MCU (Microcontroller Unit) trvá od objednávky po odeslání mezi 12 a 16 týdny, a až 26 týdnů u inerciálního senzoru systému ESC (Electronic Stability Program).

Pavlínek a Janák (2007) rozdělují dodavatele polovodičových komponentů podle složitosti výroby a výše přidané hodnoty jejich produktů do 3 kategorií (tierů), kde na vrcholu dodavatelského řetězce stojí OEM (Original Equipment Manufacturer), autoři je pak definují následovně:

- 1. tier dodavatelů dodává pro OEM ucelené autonomní subsystémy komponentů nebo modulů, mají spoluzodpovědnost za návrh a vývoj svého subsystému a modulu a dodávají přímo výrobcům vozidel.
- 2. tier dodavatelů dodává menší a méně složité komponenty pro subsystémy, ty jsou často jen součástí konkrétního modulu a podle jejich druhu mohou být dodávány buď 1. tieru dodavatelů, nebo přímo OEM.
- 3. tier dodavatelů dodává jednoduché komponenty s nízkou přidanou hodnotou, ty jsou většinou dodávány dodavatelům 1. a 2. tieru, v některých případech také přímo OEM.

Při sledování toku hodnot po proudu výroby, tedy od dodavatele prvotních surovin po konečného odběratele, dodavatel waferů působí v řetězci jako dodavatel 3. tieru, dodavatel polovodičových komponentů jako dodavatel 2. tieru, dodavatel dílů jako dodavatel 1. tieru a výrobce automobilů jako OEM.

Společnosti tieru 2 často některé procesy výroby polovodičových komponent outsourcují. ASML (2022) dělí tyto specializované firmy na IDMs (Integrated device manufacturers) jako Intel nebo Samsung, kteří jak navrhují, tak vyrábějí vlastní čipy, na foundries, jako TSMC, Globalfoundries nebo UMC, kteří vyrábějí komponenty na objednávku jiných společností zabírajících se návrhem, a na společnosti jako Qualcomm, Nvidia nebo AMD, kteří se vyhýbají vysokým nákladům na výstavbu a údržbu výrobních zařízení tím, že se soustředí pouze na návrh čipů.

Gianfagna (2021) dále definuje EDA (Electronic Design Automation) jako segment trhu, sestávajícího se ze softwaru, hardwaru a služeb, jejichž společným cílem je pomáhat při definici, plánování, návrhu, implementaci, ověřování a následné výrobě polovodičových součástek. Mordor intelligence (2021) zmiňuje společnosti věnující se EDA, a to ANSYS Inc., Cadence Design Systems Inc., Keysight Technologies Inc, Synopsys Inc., a nebo Xilinx Inc. Přímo výrobu těchto součástek pak podle Gianfagny (2021) zajišťují faby, tedy nezávislí poskytovatelé čistě výrobních služeb.

Business Wire (2021) definuje držitele IP (Intellectual Property) jako držitele duševního vlastnictví k jednotce logiky, návrhu rozvržení buňky nebo čipu, kterou může tvůrce znovu použít. Duševní vlastnictví u polovodičových součástech je podle Business Wire (2021) standartně vyvíjeno s myšlenkou licencování více prodejčům pro použití jako stavební bloky v různých designech čipů. Sem se řadí společnosti jako ARM, AVR, PIC nebo Intel Corporation.

OSAT (Outsourcing Semiconductor Assembly and Test) je podle AnySilicon (2021) služba třetí strany, kterou nabízejí dodavatelé po celém světě a která sestává, jak název napovídá, z montáže polovodičů, balení a testování integrovaných obvodů. Tyto společnosti jsou podle AnySilicon (2021) mostem, který překrývá propast mezi faby a spotřebiteli, jsou nasmlouvány společnostmi, věnujícími se designu komponent, jako Intel Corporation, AMD, Nvidia a dalšími, a provádějí různé spektrum služeb. Například Intel podle AnySilicon (2021) provádí vlastní design a má vlastní faby, balení a testování ale outsourcuje různým OSAT společnostem. Řadí se sem společnosti jako ASE Technology Holding Group, Amkor Technology Inc., nebo Powertech Technology Inc.

Mapa současného stavu celého dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl je zobrazeno v příloze A. Prvním krokem při tvorbě mapy bylo stanovení množiny produktů, které se bude daná mapa týkat, a to konkrétně mikrokontrolery a mikroprocesory pro automobilový průmysl. Pro tento produkt byly následně stanoveny jednotlivé procesy ve výrobě, a k nim byly přiřazeny jednotlivé prvky, které nesou za dané procesy odpovědnost. Poté byly popsány materiálové a informační toky mezi těmito prvky.

Jako procesy ve výrobě byly identifikovány těžba materiálů, zpracování křemíku, výroba waferů, design čipů, vytvoření součástek a spojů na waferech, rozřezání waferů a balení do obalů, měření charakteristik čipů a jejich třídění, výroba plošných spojů, výroba subkomponent, výroba dílů a výroba automobilů. Tyto procesy může podle daného mikrokontroleru nebo mikroprocesoru provádět různé množství společností. V současné době je na trhu s mikrokontrolery a mikroprocesory pro automobilový průmysl trendem co největší specializace jednotlivých společností a outsourcing jednotlivých procesů výroby na tyto specializované jednotky. V dalším kroku byly definovány prvky systému, a to výrobci monokrystalického křemíku, výrobci waferů, designéři čipů, faby, společnosti zabývající se testováním a měřením, výrobci plošných spojů, výrobci subkomponent, dodavatelé 1. teary a OEM. Tyto prvky a vazby mezi nimi jsou zobrazeny v tabulce 8.

**Tabulka 8** Prvky dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl (zdroj: autor)

Číslo prvku	Název prvku	Proces	Vazby
1	Dodavatelé materiálu	Těžba materiálu	2, 4, 5, 6, 8, 9, 10
2	Výrobci monokrystalického křemíku	Zpracování křemíku	1, 3
3	Výroba waferů	Výroba waferů	1, 5
4	Designéři čipů	Design čipů	5
5	Faby	Výroba součástek a spojů na waferech	1, 3, 6
6	Společnosti zabývající se balením čipů	Rozřezání a balení do obalů	1, 5
7	Společnosti zabývající se testováním a měřením	Měření charakteristik čipů a jejich třídění	6
8	Výrobci plošných spojů	Výroba plošných spojů, které jsou osazovány čipy a součástkami	1, 7
9	Výrobci subkomponentů	Výroba subkomponentů	1, 8
10	Dodavatelé 1. tieru	Výroba dílů	1, 9
11	OEM	Výroba automobilů	1, 10

## 2.4 Analýza chování subjektů

V této části bylo rozebráno chování subjektů na trhu, tedy investice, výzkum a inovace, trendy na trhu a chování státních institucí.

### 2.4.1 Investice ve výrobě polovodičů

Náklady na stavbu fabu pro čipy druhu, které výrobci automobilů potřebují, jsou podle Trivediho (2021) přibližně 4 miliardy dolarů, přičemž po dvou letech výstavby je důležité navyšovat objem výroby tak, aby bylo dosaženo přijatelných jednotkových nákladů. Trivedi (2021) dále zmiňuje, že náklady na jeden wafer začínají na 4000 dolarech, po pěti letech se započtením odpisů se tyto náklady snižují na přibližně 2000 dolarů za wafer. Autor dále tvrdí, že kvalita produktu se také výrazně zvyšuje, jelikož na začátku výroby je funkční pouze asi polovina čipů, po dvou až třech letech je možné zvýšit tuto hodnotu na asi 90 %. Podle



Porsche (2021) by 4 miliardová investice do fabu s technologií pro výrobu 45 nm čipů s kapacitou výroby 50 000 waferů za měsíc znamenala pokrytí méně než 10 % skupiny Volkswagen. Návratnost těchto investic závisí na využití kapacit nově vybudovaných linek. V nejlepším případě s vysokým využitím výrobních kapacit je možné očekávat pozitivní peněžní tok v horizontu 5 let, jak píše Bauer (2020). Při nižším využití výrobních kapacit se pak podle autora tento časový rámec prodlužuje, v extrémních případech, kdy využití klesne pod 55 až 65 % výrobní kapacity se návratnost investice i při vysokých státních dotacích prodlužuje na téměř 10 let.

Výzkum a vývoj se také stává mnohem náročnějším, protože je nutné zabývat se kvantovými efekty, menšími strukturálními variacemi a dalšími faktory komplikujícími vývoj (Bauer, 2020). Návrh 5 nm čipu stojí asi 540 milionů USD, návrh 10 nm čipu zase 300 milionů USD (Bauer, 2020).

Vzhledem k těmto závěrům je pro tyto podniky nutné důkladně zkoumat poptávku po produktech, včetně možných dlouhodobých změn, před zahájením výstavby nové továrny (Bauer, 2020).

#### **2.4.2 Trendy na trhu s polovodiči**

Podle Deloitte (2022b) byla hlavním problémem roku 2021 nerovnováha mezi nabídkou a poptávkou, což vedlo k nedostatkům čipů, což zase ovlivnilo jak tradičně závislé trhy, jako spotřební elektroniku, datová centra nebo mobilní telefony, ale také tradičně méně závislé trhy, jako výrobce automobilů nebo bílou elektroniku. Rok 2022 by podle Deloitte (2022b) mělo provázet trvání nedostatků, avšak ty by měli být méně významné vzhledem k zvýšené výrobní kapacitě, k čemuž došlo již v roce 2021, ale projeví se nejdříve v roce 2023. Podle Deloitte (2022b) se ale podařilo zvýšit výrobní kapacity 200 mm waferů o více než 10 % a 30 mm waferů o 15 % již v letošním roce. Podle analýzy Deloitte (2022b) budou v roce 2022 nepokročilejší 10 nm (a méně) technologie růst o 24 %, středně pokročilé 14 nm až 45 nm technologie poroste o 14 % a u zralé 65 nm (a více) nastane růst o 9 %, a bude tak tvořit 64 % celkové výrobní kapacity.

Deloitte (2022b) očekává, že se výrobní kapacita zvýší mezi koncem roku 2023 a 2020 o 50 %, s tím že některé se budou vyskytovat v tradičních zemích, jako Tchaj-wan a Jižní Korea, stále více se však bude zvyšovat podíl regionů, jako USA, Čína, Japonsko a Evropa, trend který přibližuje výrobce čipů blíže v dodavatelských řetězcích.

Vzhledem k velmi vysoké nákladnosti výroby nových čipů s technologiemi 10 nm a menšími, mnoho společností podle Clarka (2021) sahá po starších a levnějších čipech. Jedním

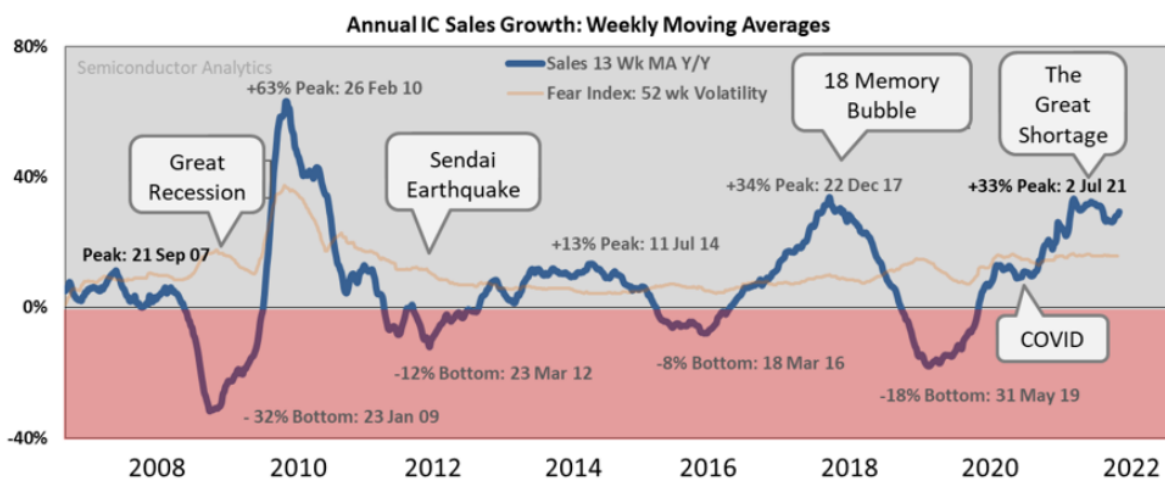
z efektů těchto změn bylo zvýšení hodnoty starších továren, právě proto, že některé společnosti věnující se designu čipů vzhledem k jejich nákladnosti a tlaku jejich odběratelů na co nejnižší cenu, se při výrobě nepřesouvají do nejpokročilejších továren. Výsledkem je tak podle Clarka (2021) poptávka na méně nákladných výrobních linkách, starých pět až deset let, která v současnosti vysoce převyšuje nabídku. Výrobci na to podle Clarka (2021) reagují změnami strategií a investicemi do starších technologií, kdy TSMC nedávno potvrdila stavbu nového závodu v Japonsku, Samsung uvádí že výstavbu nové „staré“ továrny také zvažuje.

Na druhou stranu Clark (2021) zmiňuje na tuto změnu reagovaly společnosti věnující se designu čipů tak, že přizpůsobují své produkty výrobě v různých továrnách. Zajišťují si tak větší výrobní kapacity a nejsou vázáni pouze na jednoho dodavatele.

Výrobci automobilů, stejně tak jako jiní velcí odběratelé, začínají komunikovat přímo s výrobcí, jak píše například General Motors (2021) ve své tiskové zprávě o spolupráci s výrobcem čipů Wolfspeed Inc., kde se zavazuje na účasti ve Wolfspeed Assurance of Supply Program (WS AoSP), což je program určený k zajištění domácích, udržitelných a škálovatelných zdrojů pro výrobu EV. General Motors se tak zavazuje k dlouhodobé spolupráci ne se svými subdodavateli, ale přímo s výrobcí čipů, kterým garantují dlouhodobé objednávky a kteří se jim na druhou stranu zavazují k dlouhodobým udržitelným dodávkám komponent z lokálních zdrojů. Wolfspeed Inc. bude podle General Motors (2021) zajišťovat výrobu v Marcy ve státě New York na 200 mm waferech.

### **2.4.3 Tržní výhled**

Podle Lati (2022) došlo po začátku pandemie covidu-19 k nárůstu hodnoty meziročního růstu prodeje integrovaných obvodů až k maximu, které nastalo 2. července 2021. Jak je zobrazeno na obrázku 20, od tohoto maxima hodnota meziročního růstu prodeje integrovaných obvodů dále nestoupá, nenastalo však silné otočení trendu směrem dolů. Na trhu tak dochází k stálému zvyšování poptávky.



**Obrázek 20** Meziroční růst prodeje integrovaných obvodů (Latti, 2022)

Podle SEMI (2021) došlo v roce 2021 k zahájení výstavby 19 fabů, přičemž pět z nich bylo v Číně, šest na Tchaj-wanu, čtyři v severní a jižní Americe, dvě v Evropě a na blízkém východě, jeden v Japonsku a jeden v Jižní Koreji. V roce 2022 by podle SEMI (2021) mělo dojít k zahájení výstavby 10 dalších fabů, a to tři v Číně, dva na Tchaj-wanu, dva v severní a jižní Americe, jeden v Evropě a na blízkém východě, jeden v Japonsku a jedem v Jižní Koreji. Celkově se tak za poslední dva roky jedná o 29 nových fabů, které by mohli být uvedeny do provozu již v příštích dvou letech, přičemž jejich výrobní kapacity se podle SEMI (2021) pohybují od 30 000 do 220 000 waferů za měsíc (po přepočtu na ekvivalentní 200 mm wafery). Je však možné, že se toto číslo do konce roku ještě bude zvyšovat.

## 2.4.4 Podpora ze strany státních institucí

### Spojené státy Americké

Arcuri (2022) píše, že zákon Facilitating American-Built Semiconductors (FABS) Act, který v červnu 2021 představila skupina senátorů z obou stran politického spektra, má za cíl poskytovat daňové pobídky pro výstavbu, expanzi nebo modernizaci závodů na výrobu polovodičů (neboli fabů) a zpracovatelských zařízení ve Spojených státech Amerických. FABS podle Arcuriho (2022) nabízí soukromým firmám slevu na dani ve výši 25 % na nákup, stavbu, výrobu nebo využití zařízení na výrobu polovodičů nebo souvisejícího vybavení, které bude použito pro návrh nebo zpracování čipů. Před uvedením zařízení nebo vybavení do provozu se firmy podle Arcuriho (2022) nebo organizace mohou rozhodnout, že obdrží daňový kredit jako přímou platbu.

Kongres také podle Arcuriho (2022) zvažuje zákon CHIPS for America Act, který by měl poskytnout finanční pomoc ve výši až 3 miliard USD soukromým firmám, veřejným institucím nebo konsorciím na výstavbu fabů. FABS tedy nabízí společnostem daňové úlevy,

CHIPS podle Arcuriho (2022) nabízí pobídky ve formě grantových dotací speciálně pro výstavbu fabů ve Spojených státech ale zahrnuje také ustanovení, aby společnosti, které tyto pobídky přijímají investovaly do iniciativ rozvoje komunity a pracovních sil, aby zajistily, že jejich projekt bude přínosem pro okolní obec nebo region, dále také povoluje vytvoření několika federálních výzkumných a vývojových, dodavatelských řetězců a strategických iniciativ určených k obnovení americké konkurenceschopnosti ve výrobě, zpracování, balení a designu čipů.

Děje se tak kvůli tomu, že podíl celosvětové výroby polovodičů na americké půdě podle Wince-Smithové (2021) za posledních 20 let prudce erodoval, z 37 % na 12 % – a očekává se, že do roku 2030 klesne na 10 %. Náklady na výrobu čipů v USA jsou dnes příliš vysoké na to, aby byly celosvětově konkurenceschopné: desetileté náklady na novou továrnu, továrnu, kde se vyrábějí polovodiče, na americké půdě jsou podle Wince-Smithové (2021) o 30 % vyšší než náklady na výstavbu stejné továrny na Tchaj-wanu nebo v Jižní Koreji a až o 50 % vyšší než v Číně. Tyto země podle Wince-Smithové (2021) dotují své továrny, což způsobuje, že USA jsou v tomto odvětví stále méně konkurenceschopné, a proto bude podíl Asie na celosvětové výrobě polovodičů do roku 2030 činit 83 %.

### **Evropská Unie**

Evropa má podle Evropské Unie (2022) předpoklady stát se průmyslovým lídrem na trzích s polovodiči, její ambicí je dosáhnout do roku 2030 alespoň 20% podílu na světové produkci polovodičů. Za cíl si Evropská Unie (2022) dává nejen snížit nadměrnou závislost, ale také využít příležitostí, které nabízejí stále více digitalizované trhy a technologické změny, a tím zlepšení konkurenceschopnosti evropského polovodičového ekosystému a evropského průmyslu jako celku, včetně malých a středních podniků, protože průmysl v celé EU bude mít bezpečnější přístup k výkonným a energeticky úsporným čipům a bude poskytovat inovativní výrobky pro evropské občany a světové trhy. Hlavním tahounem tohoto vývoje by měl být automobilový průmysl, který tvoří podle Zvei (2011) asi 8 % celkového trhu.

I přes velký potenciál je podle Evropské Unie (2022) podíl EU na celosvětových trzích za polovodičové čipy činí přibližně 10 %, zatímco v 90. letech 20. století to bylo více než 20 %, a i když se tento trend v posledních letech pomalu obrací, ne však dostatečně na to, aby se podíl výrobní kapacity v EU oproti ostatním regionům výrazně zvyšoval. Výroba v Evropě podle Evropské Unie (2022) klesla částečně kvůli absenci velkých počítačových společností a ústupu výrobců mobilních telefonů, kteří by mohli ospravedlnit velmi vysoké investice a vysoké náklady na výrobu poté vedly k jejímu přesunu do Asie, která těží z nižších nákladů a vyšších výrobních nákladů a veřejné podpory.

Evropská Unie (2022) prohlašuje, že v prosinci 2020 podepsalo 22 členských států prohlášení o evropské iniciativě týkající se procesorů a polovodičových technologií a dohodly se, že vyvinou *"zvláštní úsilí o posílení ekosystému procesorů a polovodičů a o rozšíření průmyslové přítomnosti v celém dodavatelském řetězci s cílem řešit klíčové technologické, bezpečnostní a společenské výzvy"*. V návaznosti na to Komise Evropské Unie (2022) v dokumentu Digitální kompas, který byl zveřejněn v roce březnu 2021 stanovila cíl, aby do roku 2030 *"výroba nejmodernějších polovodičů v Unii činila alespoň 20 % světové produkce"*. Návazný politický program Evropské Unie (2022) do roku 2030 Cesta k digitálnímu desetiletí tuto ambici potvrdil.

Evropská Unie (2022) chce těchto cílů dosáhnout investicemi na podporu podle EU Chips Act, které se odhadují na více než 43 miliard EUR veřejných investic s pákovou kapitálovou podporou, které by měli do roku 2030 podnítit další dlouhodobé soukromé investice v úměrném objemu. Tyto veřejné investice zahrnují podle Evropské Unie (2022) 11 miliard EUR plánovaných pro iniciativu Čipy pro Evropu, která má financovat vedoucí postavení v oblasti technologií ve výzkumu, designu a výrobních kapacit do roku 2030, což bude doplněno kapitálovou podporou pro začínající podniky, scale-upů a dalších společností v dodavatelských řetězcích prostřednictvím činností usnadňujících investice označovaných souhrnně jako "Fond pro čipy" s předpokládanou celkovou hodnotou investic ve výši nejméně 2 miliardy EUR. Tyto různé akce by podle Evropské Unie (2022) měli ve své kombinaci měly přímo vést k veřejným a soukromým investicím. soukromých investic výrazně přesahujících 15 miliard EUR. Kč, které budou doplněny půjčkami, jež EIB může nabídnout celému polovodičovému ekosystému.

#### **2.4.5 Intel a automobilový průmysl**

Shankland (2022) píše, že společnost Intel rozvíjí v současnosti spolupráci s automobilovým průmyslem, kde společnost vidí velký potenciál hlavně v segmentu ADAS, kde je třeba využít pokročilých mikroprocesorů. Společnost však podle Shanklanda (2022) nadále neprojevuje zájem o trh s mikrokontrolery využívaných v různých řídicích jednotkách v automobilu, které jsou jednodušší a většinou využívají starší technologie 40 nm až 65 nm. Na příkladu Intelu lze ilustrovat důvody nevole velké části polovodičového průmyslu dodávat čipy pro automotive.

Pro srovnání výnosů mezi 40 nm a 10 nm technologiemi byli vybrány mikroprocesory STM32L021 certifikovaný pro využití v automobilovém průmyslu a Intel Core i7-12700KF využívaný ve spotřební elektronice (u osobních počítačů). Nejdříve bylo vypočítáno, kolik

tzv. dies, které Farnell (2022) definuje jako malé kousky polovodiivého materiálu, na kterém jsou zabudovány a propojeny miliony elektronických diskrétních součástek. Jedná se o základ každého mikročipu, který je poté nařezán a zabalen. Tento výpočet byl proveden podle následujícího vzorce, který uvádí Anysilicon (2022):

$$Die\ na\ wafer = d * \pi * \left( \frac{d}{4 * S} - \frac{1}{\sqrt{2 * S}} \right) \quad (1)$$

Kde:

- d ... průměr waferu [mm]
- S ... velikost die [mm<sup>2</sup>]

Při výpočtu byla dosazována hodnota velikosti die, kterou pro mikroprocesoru Intel Core i7-12700KF uvádí Wikichip (2021) jako 149 mm<sup>2</sup> a pro mikroprocesor STM32L021 společnost STM (2017) jako 2,649 mm<sup>2</sup>.

V tabulce 9 byly znázorněny výsledné počty dies na waferu, a vypočteny výnosy z jednoho waferu. Vzhledem k větší velikosti die u mikroprocesoru Intel Core i7-12700KF oproti STM32L021, způsobené jeho větší složitostí a větším počtem integrovaných součástek se dies mikroprocesoru STM32L021 na jeden 300 mm wafer vejde o 9 063 % více. Vzhledem k rozdílné ceně je však výnos z jednoho waferu mikroprocesoru Intel Core i7-12700KF o 141 % vyšší, přičemž byly dosazeny ceny 3 USD/kus v případě procesoru STM32L021 a 384 USD/kus v případě procesoru Intel Core i7-12700KF.

**Tabulka 9** Srovnání výnosů mezi 40 nm a 14 nm technologiemi (zdroj: autor)

Mikročip	Počet dies na waferu [-]	Výnos [USD/wafer]
Intel Core i7-12700KF	282	208 288
STM32L021	26 275	76 677

### 2.4.6 Srovnání výnosů 5 nm technologie a 40 nm technologie

Pro ilustraci rozdílů mezi nejpokročilejší 5 nm technologií a v automobilovém průmyslu hojně využívané 40 nm technologii byly vybrány mikroprocesory Apple M1 Max a SPARC64 IXfx. Parametry těchto mikroprocesorů jsou zobrazeny v tabulce 10.

**Tabulka 10** Parametry srovnávaných mikroprocesorů (zdroj: Morgan, 2011 a BBC, 2021)

Procesor	Počet MOS tranzistorů	Rok uvedení	Technologie [nm]	Velikost die [mm <sup>2</sup> ]	Hustota [Tr/mm <sup>2</sup> ]
SPARC64 IXfx (64-bit, SIMD, large caches)	1 870 000 000	2011	40	484	3 863 636,36
Apple M1 Max (10core, 64-bit)	57 000 000 000	2021	5	432	131 944 444,44

Jak je uvedeno v tabulce číslo 7, 5 nm mikroprocesor Apple M1 Max má o 3 048 % více MOS tranzistorů a o 3 415 % větší hustotu MOS tranzistorů na die než mikroprocesor SPARC64 IXfx, to znamená že při 8násobném zmenšení velikosti došlo k 34násobnému zvětšení hustoty. Při stejném počtu tranzistorů ale využití 5 nm technologie (kde byla pro výpočet využita hustota MOS tranzistorů mikroprocesoru Apple M1 Max) by bylo u mikroprocesoru SPARC64 IXfx dosaženo zvýšení výnosů o 4 183 %, jak je zobrazeno v tabulce 11. Došlo by tak ke zmenšení dies, kterých by se na jeden wafer vešlo více.

**Tabulka 11** Srovnání výnosů 5 nm a 40 nm technologie (zdroj: autor)

Procesor	Počet dies na waferu [-]	Výnos [%]
SPARC64 IXfx (64-bit, SIMD, large caches) 40 nm	115	100
Apple M1 Max (10-core, 64-bit)	131	114
SPARC64 IXfx (64-bit, SIMD, large caches) 5 nm	4810	4183

## 2.5 Analýza výkonu průmyslu

Výkon celého odvětví silně ovlivnila pandemie COVID-19, ta však podle Hu et. al. (2006) není první katastrofou, která náhle poškodila světové dodavatelské řetězce.

V minulosti bylo podle autorů možné sledovat podobné události jako důsledek přírodních katastrof, například zemětřesení v Japonsku v roce 2011, tsunami v Indonésii v roce 2004, či propuknutí epidemie viru SARS v Číně v roce 2006. Návrat do normálu v předchozích případech byl však podle autorů vždy v řádu týdnů, což od současné krize nelze očekávat.

### **2.5.1 Světový nedostatek čipů**

V roce 2021 se čekací doby na dodávky čipů v celém trhu podle Yang a Sohn (2021) vystoupaly nad zdravou hranici 9–12 týdnů, přes léto se čekání protáhlo na v průměru 19 týdnů, na podzim už na 22 týdnů. U nejvzácnějších dílů je podle autorů doba čekání ještě delší, a to 25 týdnů u komponent pro napájení a až 38 týdnů u mikrokontrolerů důležitých pro automobilový průmysl.

Důvodů, proč se situace zhoršuje, je podle Schöna (2021) více, ale hlavní jsou dva – poptávka stále roste a výroba jede na limitu, a k tomu se globální ekonomika dostala do logistické krize. Nepoměr poptávky a nabídky u čipů vznikl podle autora jako následek pandemie, která měla přímé vlivy na výrobu v podobě uzávěr továren, ale také nepřímé vlivy v podobě výkyvů poptávky, které v době lockdownu znamenaly pokles prodejů automobilů a dalších zařízení vyžadujících mikročipy. Po oživení světových ekonomik však utlumený počet objednávek na straně odběratelů, jejichž kapacity u dodavatelů nahradili jiní zájemci, nebylo možné obnovit do předpandemických hodnot, jak píše Schön (2021).

### **2.5.2 Pandemie**

Xu et. al. (2020) píšou, že díky pandemii COVID-19 zažil svět nejhorší ekonomickou recesi od druhé světové války. United Nations (2020) uvádí, že v roce 2020 došlo k snížení světového hrubého domácího produktu celkem o 4,3 %. Xu et. al. (2020) pak uvádí, že hrozba rozšiřující se epidemie vzbudila celosvětovou paniku a strach o poškození a následné složité obnovy světových dodavatelských řetězců. Autoři zmiňují, že aby bylo zabráněno rozsáhlým přenosům infekce, vlády většiny zemí světa přijaly opatření omezující kontakt mezi lidmi, a to omezení cestování, dočasné odstávky výrobních závodů a prodejen a omezení svobody pohybu obyvatel, omezeny byly také logistické systémy zpřísněním kontrol i celkovým zákazem pohybu zboží v některých zemích.

United Nations (2020) uvádí, že světový obchod začátkem roku 2020 začal pociťovat první dopady pandemie, které se během roku dále prohlubovali, meziroční hodnota obchodu se zbožím ve druhém čtvrtletí snížila o 18 % a hodnota obchodu se službami o 21 %, tento trend se během roku otočil, i když obchod stále zůstal v červených číslech. 80 % zboží je podle United Nations (2020) přepravováno po vodě a ani námořní nákladní doprava nezůstala



pandemií nedotčena, v roce 2020 bylo touto cestou přepraveno asi o třetinu méně zboží, data také ukazují snížení zahraničních investic až o 40 %.

Celková ztráta pracovní doby v roce 2020 ve srovnání s rokem 2019 byla nejvyšší v Evropě (14,6 %) v Americe (13,7 %), kde byly karantény a lockdowny rozsáhlé, následované ekonomikami s nižšími středními příjmy, jak píšou Jackson et. al. (2020). Celosvětová ztráta pracovních míst podle autorů dosáhla celkem 114 milionů pracovních míst v roce 2020 ve srovnání s rokem 2019. Podíl ztracených pracovních hodin v důsledku vyšší míry nezaměstnanosti byl podle autorů nejvyšší v Evropě (6,0 %), v Americe (2,7 %), včetně Spojených států amerických, a v arabských státech. Nárůst globální ekonomické aktivity začínající v části čtvrtého čtvrtletí roku 2020 se pak rovnalo nárůstu 130 milionů pracovních míst na plný úvazek.

Výše zmíněné propady měli důsledek na životní standard lidí po celém světě. Před vypuknutím pandemie bylo dosahováno pokroku při snižování celosvětové extrémní chudoby, kdy nastal pokles z 35,9 % v roce 1990 na 10 % v roce 2015 a 8,6 % v roce 2018, v roce 2020 byl však zaznamenán nárůst na 8,8 %, což mělo za následek změnu nákupního chování, jak uvádí United Nations (2020).

### **2.5.3 Faktory nesouvisející s pandemií**

De Chant (2021) uvádí, že Tchaj-wan v první polovině roku 2021 zasáhlo nejhorší sucho za posledních 67 let. Společnosti TSMC a Micron, které mají v postižených regionech významné výrobní kapacity museli podle autora snížit spotřebu vody o 15 procent. TSMC v současnosti podle De Chanta (2021) recykluje 85 procent vody, kterou používá, a přesto potřebuje 41 milionů galonů vody denně, přičemž pro zásobování musí stále více spoléhat na cisterny dodávající vodu z jiných zdrojů. Tyto továrny podle Wei (2009) využívají technologii imerzní fotolitografie, která je velmi náročná na spotřebu vody. Jinde v továrně se podle Den et. al. (2018) voda používá k mytí plátek a chlazení zařízení. Pro výrobce je zásobování čerstvou vodou tak důležité, že továrny umístěné v oblastech s nedostatkem vody často vnímají zabezpečení vody jako jeden z primárních rizikových faktorů pro udržení kvality a objemu výroby, jak uvádí De Chant (2021).

Do problémů se podle Patela (2021) dostal také japonský polovodičový průmysl, kde v roce 2021 došlo k požárům ve dvou zařízeních, v červenci v závodě, který vyrábí substrát používaný k výrobě desek plošných spojů, v říjnu v závodě provozovaném společností Asahi Kasei Microdevices, která prodává 40 % mikrokontrolerů pro automobilový průmysl a v březnu 2021 v závodě společnosti Renesas Electronics.

#### 2.5.4 Nedostatek neonu

Shead (2022) uvádí, že ruská válka na Ukrajině by mohla vést k poklesu produkce neonu, který je pro výrobu pokročilých polovodičů klíčový, na znepokojivě nízkou úroveň. Neon je podle autora potřebný pro lasery, které se používají v procesu výroby čipů známém jako litografie, který byl popsán v práci výše, přičemž více než polovinu světového neonu několik společností na Ukrajině, a to společnost Ingas se sídlem v Mariupolu a společnosti Cryoin a Iceblick se sídlem v Oděse. Obě společnosti podle autora v posledních týdnech ukončily činnost kvůli útokům ruských sil. Shead dále zmiňuje, že celosvětová spotřeba neonu pro výrobu polovodičů v loňském roce zhruba 540 tun a vzhledem k tomu, že Ukrajina vyrábí více než polovinu světové produkce neonu, mohlo by toto číslo v roce 2022 klesnout pod 270 metrických tun, pokud by výrobci neonu v zemi zůstali zavření.

Neon je podle Sheada (2022) vedlejším produktem velkovýroby oceli, vyrábí se frakční destilací (proces chemické separace) kapalného vzduchu, což je vzduch ochlazený na velmi nízkou teplotu. Historicky se podle autora až 90 % neonu pro čipový průmysl vyrábělo jako vedlejší produkt ruské výroby oceli a později bylo rafinováno společnostmi sídlícími převážně na Ukrajině.

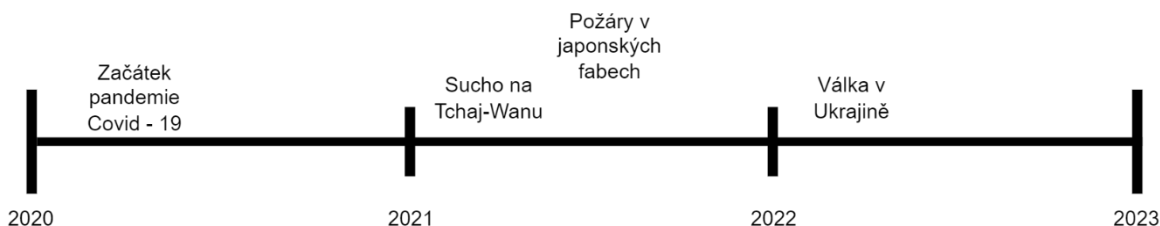
Podle Alper (2022) se ceny, které byly již tak pod tlakem po pandemii, od prosince zvýšily až o 500 %, cena neonového plynu (obsah 99,9 %) v Číně se zvýšila čtyřikrát ze 400 CNY za m<sup>3</sup> v říjnu loňského roku na více než 1 600 CNY za metr krychlový na konci února.

V návaznosti na anexi Krymu přijalo podle Sheada (2022) odvětví výroby čipů opatření ke snížení potřeby používání neonu ve výrobním procesu a současně byly podniknuty kroky ke zvýšení zásob tohoto plynu na dvou místech dodavatelského řetězce, takže jak dodavatelé plynu, tak výrobci polovodičů mají nyní obvykle po ruce zásoby na tři až 12 měsíců.

Autor dále zmiňuje, že nizozemská společnost ASML, která vyrábí vysoce složité litografické stroje, snížila svou závislost na neonu z Ukrajiny na přibližně 20 % předchozí úrovně a v současnosti dělá další kroky k snížení závislosti na dodávkách neonu z této země, nelze však dosáhnout absolutní nezávislosti.

I když došlo v současnosti k výpadku asi poloviny světových výrobních kapacit výroby neonu, rozsáhlé zásoby v dodavatelských řetězcích výrobců čipů neznamenají přímé okamžité ohrožení dodávek. K ohrožení výroby by mohlo dojít pouze pokud bude konflikt v Ukrajině pokračovat po dlouhou dobu, tedy jeden rok a více. Tyto dodávky pak nebude možné nahradit z jiných zdrojů.

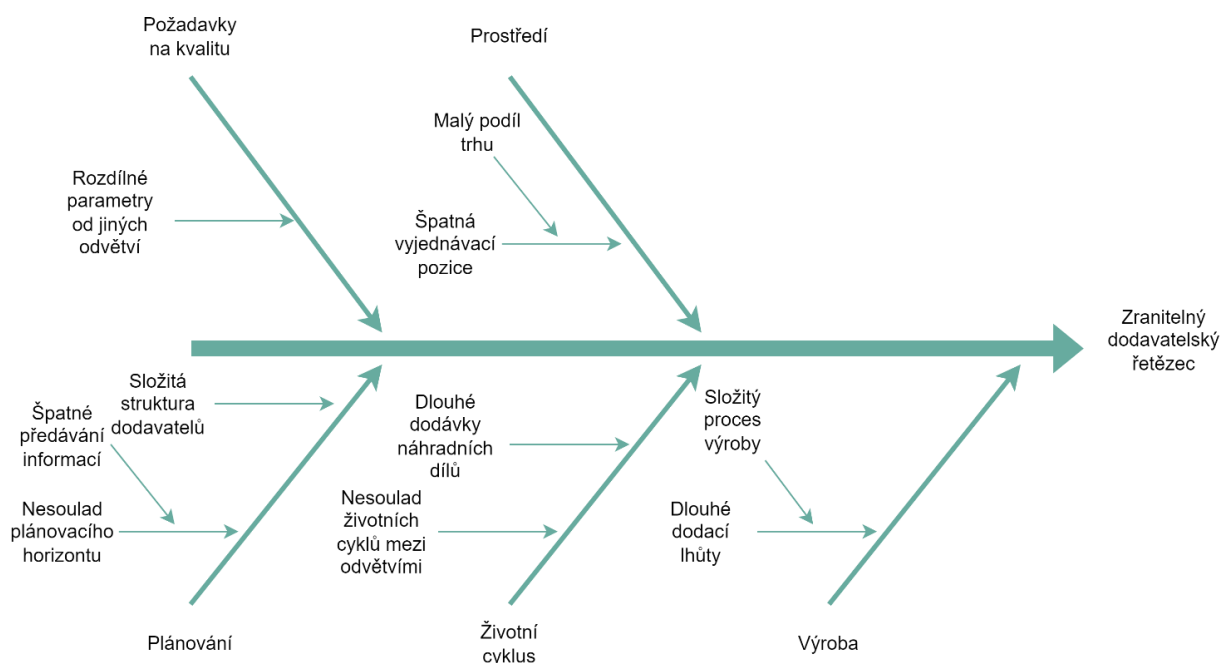
Tyto události, které mají všechny podíl na současných výpadech v dodávkách polovodičových komponent byly pro přehlednost zobrazeny na časové ose na obrázku 21.



**Obrázek 21** Časová osa událostí (zdroj: United Nations, 2020, Shead, 2022, Patel, 2021, De Chant, 2021 Xu et. al., 2020)

## 2.6 Analýza zranitelnosti dodavatelského řetězce

Všechny faktory zmíněné v této práci přispívají k celkové zranitelnosti dodavatelského řetězce polovodičových komponentů pro automobilový průmysl. Pro větší přehlednost byl vytvořen diagram příčin a následků, který je zobrazen na obrázku 22.



**Obrázek 22** Diagram příčin a následků (zdroj: autor)

V práci bylo určeno pět skupin příčin, a to požadavky na kvalitu, které jsou u automobilového průmyslu rozdílné od jiných odvětví, prostředí, kde byly identifikovány dvě dílčí příčiny (malý podíl trhu a špatná vyjednávací pozice), plánování, kde byly identifikovány tři dílčí příčiny (složitá struktura dodavatelů a špatné předávání informací, které má za následek nesoulad plánovacího horizontu), životní cyklus, kde byly identifikovány dvě dílčí příčiny (nesoulad životních cyklů mezi odvětvími a nutnost dlouhých

dodávek náhradních dílů) a výroba, kde byly identifikovány dvě dílčí příčiny (složitý proces výroby a na to navazující dlouhé dodací lhůty).

Následkem výše zmíněných příčin byla pak identifikována velká zranitelnost sledovaného dodavatelského řetězce, který je tak náchylný na různé vnější vlivy a může docházet k nedostatkům v různých částech tohoto řetězce.

## 2.7 Finanční analýza společnosti Škoda Auto a. s.

V této části práce byla provedena finanční analýza společnosti Škoda Auto a. s. Byly vybrány taková data a takové metody, aby bylo možné posoudit, jaké dopady měla pandemie a následné nedostatky klíčových komponentů na finanční výsledky společnosti.

### 2.7.1 Horizontální analýza výkazu zisku a ztrát

Pro posouzení dopadů nedostatku klíčových komponentů na finanční výsledky společnosti Škoda Auto a. s. byly vybrány položky z výkazu zisku a ztrát za poslední čtyři roky, které jsou zobrazeny v tabulce 12.

**Tabulka 12** Vybrané položky z výkazu zisku a ztrát (zdroj: Škoda Auto a. s., 2022b)

Položky výkazu zisku a ztrát [mil. Kč]	2021	2020	2019
<b>Tržby</b>	422 607	424 292	459 122
<b>Náklady na prodané výrobky, zboží a služby</b>	380 689	381 221	397 086
<b>Zisk před zdaněním</b>	27 320	17 863	38 498

Hodnoty běžných období (roku 2020 a 2021) byly porovnávány se základním obdobím, tedy rokem 2019. V roce 2020 došlo k snížení tržeb o 7,59 % zatím co náklady na prodané výrobky, zboží a služby se snížily o 4 %. V témže roce došlo k propadu zisku před zdaněním o 53,6 %. V roce 2021 dále pokračoval propad tržeb, v tomto případě o 7,95 % oproti základnímu období a při snížení nákladů na prodané výrobky, zboží a služby o 4,13 % došlo k propadu zisku před zdaněním o 29,04 %, což znamená zvýšení o 52,94 % oproti roku 2020. Lze tedy konstatovat, že pandemie a následné nedostatky klíčových komponentů měly významný dopad na finanční zdraví společnosti Škoda Auto a. s.

### 2.7.2 Vývoj počtu prodejů nových automobilů

Podle dat společnosti Škoda Auto a. s. (2021 a 2022c) byl v roce 2019 počet prodejů nových automobilů 1 242 800, v roce 2020 se snížil na 1 004 900 a v roce 2021 pokračoval v poklesu až na 878 300. Při porovnání hodnot běžných období (roku 2020 a 2021) se

základním obdobím, tedy rokem 2019 jde o 19,14 % pokles pro rok 2020, respektive 29,33 % pokles pro rok 2021. Mezi roky 2020 a 2021 pak došlo k 12,6 % poklesu prodejů.

## **2.8 Shrnutí analytické části**

V analytické části byl popsán dodavatelský řetězec polovodičových komponent pro oblast automotive a dále byla provedena analýza zranitelnosti tohoto dodavatelského řetězce. V této analýze byly jako hlavní příčina zranitelnosti stanoveny mikrokontrolery a mikroprocesory, které jsou součástí řídicích jednotek elektronických systémů automobilu. Velká část těchto komponentů je vyráběna starými technologiemi, a jejich dodavatelský řetězec je vzhledem k rozsáhlému outsourcingu v odvětví velmi složitý. Většina výroby těchto komponentů je pak soustředěna u jediného výrobce (až 70 %). Vzhledem k složitosti výroby a dlouhému procesu výroby není možné pružně reagovat na změny poptávky. Dále negativně působí také nesoulad plánovacích horizontů mezi dodavateli a odběrateli. Dalším identifikovaným faktorem byly označeny velmi specifické požadavky odvětví na kvalitu a technické specifikace, jako je teplotní odolnost, odolnost proti mechanickému poškození nebo odolnost proti vodě a prachu, a také nároky na velmi dlouhou životnost, což má za následek nemožnost nahrazení těchto komponent jinými substituty. Dále je tyto specifické komponenty nutné podle vyhlášek Evropské unie vyrábět po dobu minimálně 15 let, aby byli zajištěny dodávky náhradních dílů po dobu životnosti automobilu.

Většina výrobních kapacit komponent, kterými se práce zabývá je soustředěna mimo Evropu, s tím, že až tři čtvrtiny se nacházejí v Asii. Dále se na výrobě jednoho mikroprocesoru podílí i 10 a více společností, které se nacházejí v různých zemích celého světa, panují zde tak velké nároky na logistiku.

V celém trhu panuje v současnosti velký nesoulad mezi poptávkou a nabídkou, kdy poptávka výrazně převyšuje současné výrobní kapacity. Nedá se předpokládat, že by se tato situace v blízké budoucnosti zlepšila, protože výstavba nových fabů je velmi finančně náročná, protože je třeba velká prvotní investice a doba návratnosti je velmi dlouhá. To je způsobené hlavně dlouhou dobou optimalizace výroby, kde dosažení požadované efektivity výroby může trvat několik let. Společnosti operující tyto faby pak mají malou motivaci výstavby továren pro staré technologie, které využívá právě automobilový průmysl, vzhledem k výše zmíněným faktorům a také faktu, že tyto součástky nabízejí mnohem menší výnosy než investice do nových technologií. Podle některých analytiků tak může současná krize trvat ještě několik let.

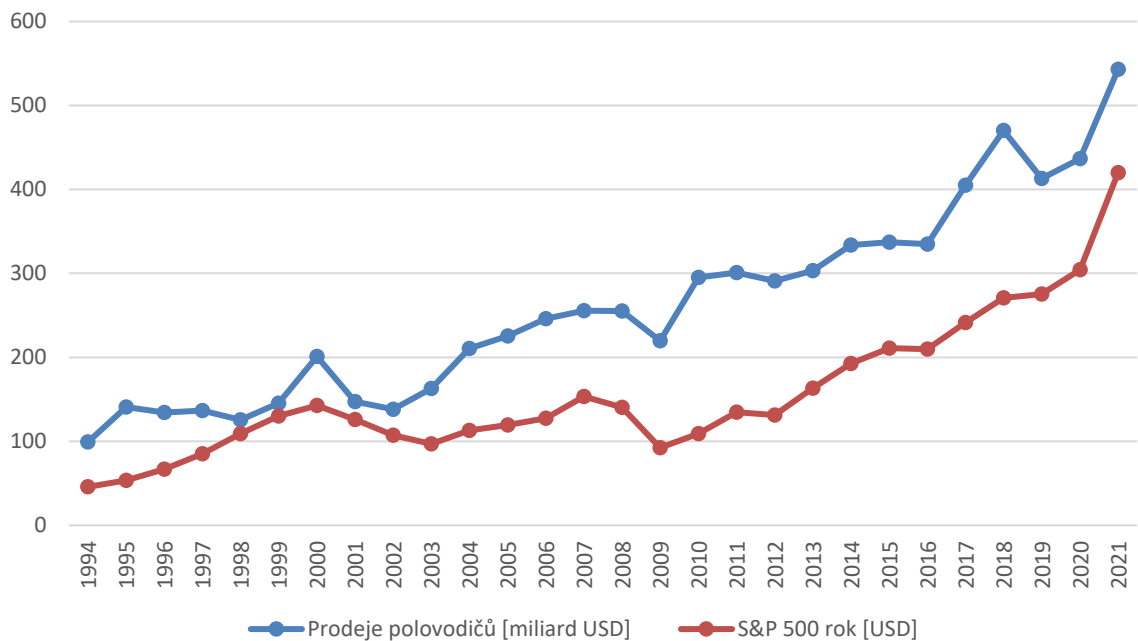
### **3 NÁVRH RESTRUKTURALIZACE DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE**

V analytické části práce byly identifikovány zásadní problémy v dodavatelském řetězci polovodičových komponent v automobilovém průmyslu. Jako nejzásadnější byl identifikován problém v nesouladu mezi odvětvími automobilového průmyslu a výrobců těchto komponent, stejně tak jako složité dodavatelské řetězce a potřeba velkého počtu různých specializovaných druhů komponent.

#### **3.1 Vývoj poptávky po polovodičích**

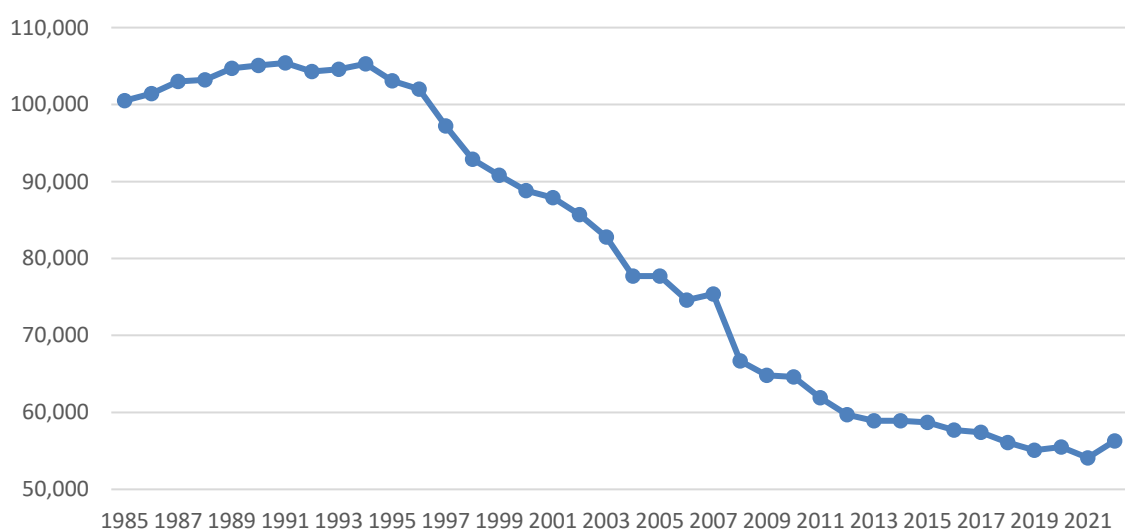
Philadelphia Semiconductor Index (SOX) je index zalistovaný na filadelfské burze cenných papírů. Tento index se skládá z 30 největších společností zabývajících se designem, výrobou a distribucí polovodičů, jako například Intel, NXP Semiconductors nebo NVIDIA. S rostoucí poptávkou po polovodičích došlo od začátku pandemie až k dosavadnímu maximu v lednu 2022 ke zvýšení ceny tohoto indexu o 230 %. Od té doby se však cena neustále propadá a tento index do 1. 5. 2022 ztratil 29 % své hodnoty. Dá se očekávat, že tento propad bude nadále pokračovat, nebo že přinejmenším nedojde k prolomení dříve stanovených maxim. Do této ceny se promítá pokles důvěry investorů v další růst tohoto odvětví a tím způsobené propady cen akcií daných společností.

Velikost poptávky po polovodičích úzce souvisí s vývojem světové ekonomiky. Výroba polovodičových komponent je cyklickým odvětvím a silně reaguje na propady trhů. Jako důkaz tohoto tvrzení byla v práci vypočtena hodnota korelace mezi hodnotou světových prodejů polovodičů a mezi americkým indexem S&P 500, který sleduje akcie 500 největších společností obchodovaných na burze v USA. Hodnota korelace byla 0,9, což ukazuje poměrně významnou závislost obou veličin. Porovnávány byly hodnoty od roku 1994 do současnosti, jak je zobrazeno na obrázku 23.



**Obrázek 23** Vývoj hodnot světového prodeje polovodičů a index S&P 500 (Zdroj: Ycharts, 2022 a Yahoo finance, 2022)

Jak je zjevné z obrázku 24, v roce 2022 došlo k nárůstu cen polovodičových komponent o 4 %, což je zatím největší meziroční nárůst producer price indexu polovodičových komponent, což je index americké centrální banky Federal Reserve, který sleduje ceny širokého portfolia polovodičových komponent. Hodnota tohoto indexu je od druhé poloviny devadesátých let neustále klesá, k jeho nárůstu došlo pouze v roce 2007 a 2020, v obou případech o jedno procento.



**Obrázek 24** Producer price index polovodičových komponent (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2022)

V současné době jsou výrobní kapacity integrovaných obvodů podle Latti (2022) využívány až z 95,5 %. Dochází ale také ke zvyšování této kapacity postupným uváděním do provozu výrobních závodů, jejichž výstavba začala v začátcích pandemické krize. Tato výrobní kapacita byla celosvětově od roku 2020 navýšena o přibližně 10,9 %. Alsop (2021) pak předpokládá v dalších třech letech 22,4 % nárůst výrobních kapacit, jak je zobrazeno v tabulce 13.

**Tabulka 13** Vývoj výrobní kapacity polovodičových komponent 2015–2025 (zdroj: Alsop, 2021)

<b>Rok</b>	<b>Výrobní kapacita [milionů 200 mm ekvivalentních waferů]</b>
2015	16,25
2016	17,11
2017	17,93
2018	18,85
2019	19,47
2020	20,77
2021	22,68
2022	23,03
2023	24,04
2024	25,04
2025	28,19

Z výše uvedených důvodů lze očekávat, že v příštích několika letech dojde k postupnému zmenšování rozdílu mezi nabídkou a poptávkou a tím k postupnému zkracování dodacích lhůt až na normální předpandemické hodnoty. Jak bylo zmíněno výše v práci, poptávka po polovodičích je cyklická a je závislá na celkovém růstu světových trhů. Výkyvy se pohybují v desítkách procent, například v roce 2002 došlo podle dat Lattiho (2022) kvůli propadu světových trhů k 31 % poklesu poptávky oproti maximu z roku 2000, v roce 2009 pak k 14 % poklesu oproti maximu z roku 2007, přičemž v roce 2011 došlo k 37 % nárůstu.

### **3.2 Kvalitativní scénáře pro Škoda Auto a. s.**

V této části práce byly popsány kvalitativní scénáře možného budoucího vývoje podle délky trvání nedostatku polovodičových komponent pro automobilový průmysl.



### **Scénář A**

Scénář A předpovídá brzké ukončení nedostatku polovodičových komponent, a to mezi roky 2022 a 2023. V této době by docházelo k postupnému zkracování dodacích lhůt vlivem navýšené kapacity výroby u současných dodavatelů a k snížení poptávky vlivem snížené kupní síly obyvatelstva. Díky tomu již nebude další nutnost omezovat nebo zastavovat výrobu a během roku 2023 bude naplno obnovena výroba všech modelů automobilů.

### **Scénář B**

Scénář B předpovídá, že současná situace bude přetrvávat po několik let, přičemž v této době může docházet již od roku 2022 ke zkracování dodacích lhůt vlivem navýšené kapacity výroby u současných dodavatelů a k snížení poptávky vlivem snížené kupní síly obyvatelstva. V této době může docházet k nutnosti omezení výroby určitých modelů automobilů nebo k nemožnosti dodání určitých výbav vzhledem k chybějícím specifickým polovodičovým komponentům.

### **Scénář C**

Scénář C předpovídá, že nedostatky a dlouhé dodací doby budou přetrvávat po velmi dlouhou dobu a tato situace se stane v podstatě novým normálem. I když vlivem narůstající výrobní kapacity a výkyvům v poptávce po různých polovodičových komponentech může docházet ke zkracování a prodlužování dodacích lhůt.

## **3.3 What-if analýza**

Pro návrh opatření pro jednotlivé scénáře byla provedena analýza what-if, která je důležitá k porozumění důsledků těchto možných scénářů vývoje na společnost Škoda Auto a. s., přičemž tato opatření lze vztáhnout na celý automobilový průmysl. Vzhledem k provázanosti společností dodávajících pro automobilový průmysl s jednotlivými výrobci se tato doporučení týkají také těchto dodavatelů.

**Otázka:** Co když nastane scénář A

**Odpověď:** Při brzkém ukončení nedostatků a návratu dodacích lhůt k předpandemickému stavu může dojít k nevoli výrobců automobilů k provedení zásadních změn v jejich dodavatelských řetězcích polovodičových komponent. Vzhledem k výše zmíněné cyklicitě trhu a jeho zranitelnosti proti výpadkům výroby vlivem například přírodních katastrof však nečinnost není vhodným řešením.

**Opatření:** V tomto případě není nutné rychlé a razantní jednání ze strany Škoda Auto a. s., je však nutné přehodnotit strategii nákupu polovodičových komponent. I když je

současná krize výjimečná a dá se předpokládat, že výpadky dodávek v takovémto rozsahu ve středně dlouhém a dlouhém horizontu nejspíše nenastanou, je vhodné zvýšit odolnost tohoto dodavatelského řetězce proti množství jiných menších narušení, ke kterým docházelo již v minulosti.

**Otázka:** Co když nastane scénář B

**Odpověď:** Při trvání současné situace bude společnost Škoda Auto a. s. trpět nedostatky kritických komponentů, přičemž tyto nedostatky mohou v čase nabývat nebo oslabovat na intenzitě a mohou se týkat různých komponentů v různém čase.

**Opatření:** V případě přetrvávajících nedostatků je ze strany společnosti Škoda Auto a. s. nutné jednat a využít operativních opatření, která bylo možné sledovat v minulých dvou letech jak u této společnosti, tak u konkurenčních výrobců automobilů. Těmito opatřeními mohou být prodloužené dodací doby nových automobilů a omezování nebo úplné zastavení výroby v továrnách v různých časových úsecích. Dále může společnost omezovat nabídku některých výbav automobilů, které se neobejdou bez nedostatkových komponentů. Při operativním řešení by mělo být těmito opatřeními předcházeno vyhledáváním jiných zdrojů nedostatkových komponent, nebo hledáním jejich substitutů. Měli by také být provedeny strategické změny, které povedou k zvýšení odolnosti dodavatelského řetězce. Na místě je vytváření strategických zásob a vhodné je také přehodnotit stávající architekturu elektroniky v automobilech, a tím nahrazení velkého množství nedostatkových komponentů menším a lépe udržitelným.

**Otázka:** Co když nastane scénář C

**Odpověď:** Pokud se současná situace stane tzv. novým normálem, nebude možné, aby společnost Škoda Auto a. s. pokračovala v růstu a je možné, že pokud nebude adekvátně jednat, může ztratit své postavení vůči konkurenci, a to může v extrémním případě vést až k zániku společnosti. Tato situace by byla katastrofická pro celý automobilový průmysl, ceny automobilů by nejspíše narůstali a nákup jak nového, tak ojetého automobilu by se stal pro mnoho lidí a firem nedostupným, což by mělo za následek zpomalení růstu, nebo propad světové ekonomiky a zhoršení životní úrovně obyvatelstva.

**Opatření:** V takovém případě je nutné učinit zásadní strategické změny ze strany společnosti Škoda Auto a. s. Vhodné je přehodnotit strategii nákupu, vytvářet strategické zásoby polovodičových komponent ale také změna architektury elektroniky v automobilech tak, aby bylo využíváno menší množství těch komponentů, které by mělo být snadnější nakupovat. Takové řešení však není možné zavést ihned, jelikož životní cyklus automobilů Škoda Auto a. s. je sedm let. Harmonogram uvedení modelů na trh je zobrazen v tabulce 14.

**Tabulka 14** Harmonogram uvedení modelů (Škoda auto a. s., 2022a)

Rok	Model	Řada
2022	Superb	4
2023	Kodiaq	2
2024	Karoq	2
2025	Scala	2
2026	Kamiq	2
2026	Octavia	5
2027	Eniaq	2
2028	Fabia	5
2029	Superb	5
2030	Kodiaq	3
2031	Karoq	3
2032	Scala	3
2033	Kamiq	3
2033	Octavia	6
2034	Eniaq	3
2035	Fabia	6

Vzhledem k délce vývoje automobilů jsou výše zmíněné strategické změny možné zavést nejdříve kolem roku 2029. Do té doby, tedy dalších pět nebo více let je nutné zavedení operativních opatření, jako omezování nebo zastavování výroby, hledání jiných dodavatelů nedostatkových komponentů, nebo hledání substitutů nedostatkových komponentů.

### **3.4 Snížení zranitelnosti dodavatelského řetězce**

Na základě analýzy zranitelnosti dodavatelského řetězce byly v této části práce vytvořeny různé strategie, jejichž cílem je snížení zranitelnosti daného dodavatelského řetězce.

#### **3.4.1 Zachování současného stavu**

Nejméně náročnou variantou je zachování současného stavu. Tato varianta však neřeší žádný z v této práci uvedených příčin zranitelnosti dodavatelského řetězce. Vzhledem k nejasné situaci vývoje na trhu s polovodičovými komponenty pro automobilový průmysl ale existuje možnost, že v krátkém horizontu může dojít i k návratu do předpandemických hodnot poptávky a vznikne iluze, že žádné zásadní změny nejsou třeba.

#### **3.4.2 Integrovaná architektura elektronických systémů pro automobilový průmysl**

Pro řešení zranitelnosti daného dodavatelského řetězce je třeba zamyslet se nad celkovou koncepcí architektury elektroniky v současných automobilech, kde je využívána tzv. federated architecture, což znamená právě velký počet specializovaných řídicích jednotek pro určité jednoduché úkoly, které spolu poté musí vzájemně komunikovat. V současných

automobilech tak každá jedna řídicí jednotka vykonává pouze jeden úkol. Současným trendem ve většině odvětví je, pokud možno všechny úkoly integrovat do co nejmenšího počtu zařízení s velkým výpočetním výkonem, jako například system-on-chip v případě mobilních telefonů a osobních počítačů, kde jsou všechny součástky umístěny na jednom integrovaném obvodu, nebo systém Integrated Modular Avionics využívaný ve výrobě letadel, kde dochází ke sdružování jednotlivých subsystémů letadla na malý počet modulárních řídicích jednotek s velkým výpočetním výkonem.

### **Výhody federovaných systémů**

Federované systémy mají podle Obermaissera et. al. (2008) svůj smysl pro využití u mimořádně spolehlivých systémů, protože pokud hardwarová porucha zasáhne uzlový počítač federovaného počítačového systému, má tato porucha dopad pouze na jeden aplikační subsystém, naopak hardwarová závada, která zasáhne uzlový počítač integrovaného systému může ovlivnit více aplikačních subsystémů, protože uzlový počítač integrovaného systému může být sdílen softwarovými moduly více aplikačních subsystémů.

Další výhodou je podle autorů možnost nezávislého vývoje, která vyplývá z téměř nezávislosti federovaných systémů, kde je pouze velmi omezená úroveň interakcí prostřednictvím bran, čímž se potřeba koordinace mezi různými dodavateli snižuje na minimum.

### **Výhody integrovaných systémů**

První výhodou je podle podle Obermaissera et. al. (2008) snížení nákladů na hardware, protože na rozdíl od federativních systémů, které vyžadují vyhrazené řídicí jednotky pro každý aplikační subsystém, integrované systémy usnadňují multiplexování hardwarových prostředků. Dále podle autorů dochází ke zlepšení spolehlivosti díky redukci kabeláže a konektorů a také k možné vyšší odolnosti proti poruchám, jelikož systém obsahuje méně prvků a ty nejsou určeny pouze pro jedinou funkci, zajišťují také jednodušší údržbu a menší počet různých součástek. Dále autoři zmiňují lepší koordinaci aplikačních subsystémů, které díky technickým inovacím často vyžadují těsné propojení, aby bylo možné realizovat vznikající službu přesahující hranice domény. Podle Ramseyho (2007) lze díky snížení počtu federovaných součástek a integraci úkolů do integrovaného systému dosáhnout snížení nákladů o 15 % až 20 %.

### **Integrované systémy v automobilech**

Využití integrovaných systémů se v současnosti stává přirozeným vývojem ve většině odvětví. Je tomu tak díky konkurenčním výhodám produktů, které díky integraci dokáží zajistit lepší koordinaci různých subsystémů, což přináší pro zákazníka vyšší hodnotu. Další

motivací pro využití integrovaných systémů v automobilovém průmyslu bylo identifikováno možné snížení nákladů oproti federovaným systémům, které vzhledem k tomu, že v dalších 10 letech podíl elektroniky na celkových nákladech na výrobu automobilu dosáhne až 50 % (u automobilů s elektrickým pohonem i více) může podstatně ovlivnit výsledek hospodaření podniku. Méně řídicích jednotek a méně kabelových svazků zajišťujících spojení mezi nimi dále znamená snížení hmotnosti automobilu, což může mít za následek snížení spotřeby paliva a zlepšení jízdních vlastností.

Integrace subsystémů automobilu je také důležitá z hlediska současného nesouladu mezi dodávkou a poptávkou v polovodičovém průmyslu, kdy například při vývoji letounu Boeing 787 bylo podle Ramseyho (2007) za využití integrovaných systémů použito o 40 % méně součástí oproti dřívějším modelům s federovanými architekturami. Navíc při využití malého počtu zařízení s velkým výpočetním výkonem bude nutné využívat nové mikroprocesory, vyráběné novými technologiemi, které přináší jejich výrobcům vyšší přidanou hodnotu než většina mikroprocesorů a mikrokontrolerů v současnosti automobilovým průmyslem. Motivace ke spolupráci těchto dodavatelů a výrobců automobilů tak bude mnohem vyšší než v současné době.

Přínosy integrované architektury jsou také důležité pro budoucí systémy autonomního řízení, kdy při úrovních 3, 4 a 5, kde systémy automobilu přejímají velkou část řízení vozidla a je tak nutné zajistit spolehlivou a rychlou komunikaci mezi senzory a řídicími jednotkami, ale také vzájemně mezi jednotlivými subsystémy.

Pro změnu architektur automobilů bude nutná změna organizačních struktur společnosti a také dodavatelských řetězců využívaných komponentů. Ze zkušeností průmyslu výrobců letounů lze předpokládat, že by v tom případě došlo ke snížení počtu zaměstnanců a snížení počtu dodavatelů. Zároveň je však nutné zajistit pevnou spolupráci mezi dodavateli, kteří v současnosti zajišťují vývoj jednotlivých řídicích jednotek. Bude nutná standardizace jak komponentů, tak i vztahů mezi jednotlivými dodavateli a odběrateli. Váha vývoje je pak přenesena z hardwaru do softwaru, jelikož hardware je vyvíjen jako několik modulárních jednotek, které by měli být standardizované. Je však nutné zajistit spolupráci dodavatelů jednotlivých subsystémů, které musí být naprogramovány jako aplikace běžící na standardizovaném operačním systému. Při standardizaci hardwaru se otevírá možnost využití commercial off-the-shelf (COTS) produktů, které mohou být využívány napříč odvětvím a snižují tak závislost společnosti na jednom konkrétním dodavateli dodávajícím specifický produkt pro danou aplikaci (ASSP).

Další výhodou tohoto řešení je jednodušší aktualizace subsystémů automobilu, kdy teoreticky odpadá nutnost odstavení automobilu v autorizovaném servisu. Jednotlivé subsystémy mohou být aktualizovány i bezdrátově jako aktualizace jednotlivých aplikací.

Výše zmíněné změny lze uskutečnit uvnitř koncernu Volkswagen, pro co nejvyšší možnou efektivitu by však bylo vhodné zajistit spolupráci v celém odvětví mezi co možná nejvíce výrobci automobilů, a to například standardizací softwaru a hardwaru využívaného napříč odvětvím tak, aby bylo možné využití commercial off-the-shelf (COTS) produktů a tím zvýšena decentralizace dodavatelských řetězců jednotlivých výrobců.

### **Autonomní řízení**

S nástupem systémů autonomního řízení vzniká nutnost vybavení automobilů specializovanými řídicími jednotkami s velkým výpočetním výkonem. Pro zajištění funkční a bezpečné jízdy je třeba velkého počtu senzorů, které snímají okolí automobilu ze všech jeho stran. Jedná se například o systémy LiDAR, nebo stále častěji soustavy kamer anebo kombinace více systémů. Data z těchto senzorů jsou pak po sběrnici přenášena do řídicích jednotek, kde na vícejádrových mikroprocesorech běží různé softwarové programy. Ty zpracovávají data ze senzorů a předávají pokyny akčním členům a tím zajišťují řízení vozidla.

Autonomní řízení tak vyžaduje rychlou a zabezpečenou komunikaci mezi velkým počtem řídicích jednotek vozidla. Integrací systémů vozidla by bylo možné dosáhnout zvýšení odolnosti proti poruchám a tím také zvýšení bezpečnosti těchto systémů.

### **3.4.3 Zavedení strategických zásob**

Vzhledem k současnému stavu trhu s polovodičovými komponenty je vhodné přehodnotit současnou strategii jejich nákupu. Tak jako mnoho jiných dílů v automobilovém průmyslu, i díly obsahující polovodiče jsou nakupovány v režimu just in time. Vzhledem k současné situaci je jasné, že narušení tohoto poměrně zranitelného dodavatelského řetězce může mít i v budoucnosti ničující dopad na výrobce automobilů. Je proto nutné zvážit vytvoření určité úrovně strategických zásob. Řešením je segmentace zboží podle nákladů na skladování a proti tomu nákladům narušení výroby. Objem těchto zásob se může v čase měnit podle současné situace na trhu a budoucího tržního výhledu.

## **3.5 Shrnutí návrhu restrukturalizace dodavatelského řetězce**

V této části práce byly popsány návrhy na restrukturalizaci dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro společnost Škoda Auto a. s.

Prvním z těchto návrhů bylo zachování současného stavu, které bylo vyhodnoceno jako nevhodné, vzhledem k nejistému budoucímu stavu světových trhů a možnosti tvrdých dopadů této strategie na finanční zdraví společnosti a na její budoucí konkurenční postavení.

Druhým návrhem byla integrace elektroniky v nových automobilech. Tato strategie byla vyhodnocena jako vhodná, vzhledem k jejím výhodám v oblasti eliminace velkého množství různých dílů a zjednodušení konstrukce automobilu. Volba této strategie by do velké míry omezila riziko nedostatků různých polovodičových komponentů v budoucnosti. Na druhou stranu je však poměrně finančně a organizačně náročná a vyžaduje dlouhodobé a zásadní změny jak uvnitř podniku, tak i ve vztazích s dodavateli. Ze všech uvedených strategií však nabízí největší výhody pro výrobce automobilů.

Třetím návrhem bylo vybudování strategických zásob určitých klíčových komponentů, a to podle jejich důležitosti, dostupnosti a nákladovosti jejich skladování.

## 4 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH ZMĚN

V této části práce byly vyhodnoceny změny navržené ve třetí části. Těmito změnami byly změny v designu automobilů za využití integrované architektury elektroniky a zavedení strategických zásob problémových komponentů. Bylo popsáno, jak může každý z těchto návrhů pozitivně a negativně při jejich implementaci ovlivnit společnost Škoda Auto a. s.

### 4.1 Vyhodnocení zachování současného stavu

V minulých letech došlo vlivem nedostatků a omezování výroby k snížení zisku společnosti o více než 50 %. Ve stejné době došlo k propadu prodeje o přibližně 30 %, přičemž u objednávek nových automobilů nebyl zaznamenán významný propad. Celková ztráta společnosti za tyto dva roky je tak přibližně 11,2 miliard Kč. Lze předpokládat, že při přetrvávajících problémech s dodávkami klíčových dílů dojde k dlouhodobému poklesu ziskovosti společnosti. To bude mít za následek snížení volného cash flow společnosti a tím v budoucnu nutnost omezení investic. V takovém případě může dojít k snížení konkurenceschopnosti automobilů, které začnou v čase technologicky zaostávat za konkurencí. Tím dojde nevyhnutelně k poklesu prodeje a ztrátě tržního podílu.

Lze také předpokládat, že konkurenční výrobci automobilů budou na nastalou situaci reagovat různými opatřeními, díky kterým mohou získat nad Škoda Auto a. s. a nebudou tedy trpět výše zmíněnými problémy, jako je snížení zisků a snížení prodeje. Kvůli tomu dojde ke zhoršení konkurenčního postavení společnosti. Snížený počet dodaných automobilů způsobený nedostatky klíčových komponentů tak nemusí být pouze přechodný, ale nedostupnost nových automobilů může způsobit odliv zákazníků ke konkurenci.

Při příznivém vývoji na trhu s polovodičovými komponenty pro automobilový průmysl, kdy v krátkém horizontu dojde k ukončení nedostatků a k návratu dodacích lhůt do předpandemických hodnot je tato strategie nejvýhodnější, jelikož zde není nutné realizovat žádné investice. Pokud v budoucnu již nebude nutné žádné omezení nebo zastavení výroby, a tím nedojde k žádným ztrátám vlivem nedodaných objednávek, bude společnost Škoda Auto a. s. ziskovější než v případě ostatních navržených strategií, které s sebou nesou různé náklady.

### 4.2 Vyhodnocení integrace elektroniky v automobilech

Integrace elektroniky v automobilech se neobejde bez zásadních změn jak ve společnosti Škoda Auto a. s., tak u jejich dodavatelů. Bude nutné zásadním způsobem změnit způsob vývoje nových dílů obsahujících elektroniku.



Podle Obermaissera et. al. (2008) lze průběh návrhu federovaných systémů v automobilovém průmyslu rozdělit do tří fází, a to na analýzu požadavků, návrh subsystému a fázi integrace systému, přičemž převládá proces návrhu zaměřený na elektronické řídicí jednotky. Takový proces vývoje autoři popisují jako zdola nahoru, a ten s sebou nese značné nevýhody, jako duplikaci zdrojů, lokální namísto globální optimalizace kvality a exponenciální růst nákladů na integraci systému. Počet řídicích jednotek v automobilu se také neustále zvyšuje, což má za následek prohlubování těchto problémů. Právě fáze integrace systému se tak stává mnohem složitější s každou další generací automobilů. V současnosti se v automobilech nachází mezi 50 a 100 řídicích jednotek, z nichž velká část vyžaduje komunikaci s různými senzory a jinými řídicími jednotkami. Tato propojenost je velmi důležitá například u systémů autonomního řízení, které jsou stále více důležité a je nutné zajistit jejich správnou funkci kvůli bezpečnosti posádky automobilu.

Pro integrovanou architekturu je podle Obermaissera et. al. (2008) nutný přístup návrhu shora dolů, kdy během analýzy požadavků zachytí systémový integrátor požadavky na celý systém a poté tento systém rozkládá na jednotlivé téměř nezávislé subsystémy. Analýza požadavků, která by měla spadat pod vývoj OEM, je tak podle autorů základem pro všechny pozdější fáze projektu, protože se zde specifikuje celková funkčnost systému a identifikují se subsystémy, které umožňují nezávislý vývoj.

Takto zásadní změny v organizaci vývoje nových automobilů si nutně vyžádají dlouhou dobu realizace a budou pro podnik značně nákladné. Je však nutné zmínit, že v dlouhém období dojde ke snížení výrobních nákladů a ke snížení zranitelnosti dodavatelského řetězce polovodičových komponent. S pokračujícím zvyšováním množství a komplexity elektroniky v automobilech se také projeví velké výhody integrovaného systému, protože bude nutné stále větší a rychlejší propojování a spolupráce jednotlivých subsystémů automobilu. Tyto výhody mohou mít za následek zlepšení konkurenčního postavení automobilů společnosti Škoda Auto a. s. na trhu a tím mohou mít pozitivní dopad na objem prodeje a na výsledek hospodaření společnosti.

Omezení počtu řídicích jednotek znamená také velké úspory na váze, jelikož současné automobily využívající federovanou architekturu elektroniky vyžadují velký počet nezávislých řídicích jednotek, a hlavně také velkého počtu kabelových svazků, které zajišťují spojení mezi nimi. Tato hmotnostní úspora bude důležitá u nových automobilů, hlavně v případě nastupujících elektromobilů, kde je důležitou vlastností ovlivňující zákazníky při výběru dojezd vozidla. Výhodou může být úspora hmotnosti také pro vozidla s konvenčním

pohonem, a to z důvodů stále přísnějších emisních norem. Nižší hmotnost a tím nižší spotřeba paliva bude znamenat také nižší emise škodlivých látek do ovzduší.

Snížení počtu kabelových svazků a řídicích jednotek také nabízí možnost ke snížení nákladů. Při průměrné ceně 30 až 50 USD za řídicí jednotku a jejich narůstajícím počtu v současných automobilech je zde velký prostor pro úspory. Například při vývoji letounu Boeing 787 bylo podle Ramseyho (2007) použito o 40 % méně součástek oproti dřívějším modelům s federovanou elektronikou. Celkově je podle autora vzhledem ke zkušenostem s implementací podobných řešení při výrobě dopravních letadel díky využití integrované architektury možné dosáhnout snížení nákladů o 15 % až 20 %.

### **4.3 Vyhodnocení zavedení strategických zásob**

Vedení strategických zásob s sebou nese nutné náklady. Ty budou mít dopad na celkové náklady na výrobu automobilu. Tyto náklady lze rozdělit na investiční, kdy je nutné zajistit skladovací kapacity výstavbou nových budov a nákup manipulační techniky a dalšího vybavení skladu a na provozní, kdy je nutné zajistit personál, energie a další. Jejich dopad na výsledek hospodaření společnosti lze zmírnit například segmentací komponentů podle několika kritérií.

Prvním kritériem je jejich dostupnost, komponenty, které dříve nebyly nedostatkové a ve středně dobém horizontu není předpoklad, že by k jejich nedostatku mohlo dojít, není nutné dlouhodobě skladovat ve velkém množství. Takové komponenty lze nakupovat v režimu just in time. Naopak dlouhodobě nedostatkové komponenty je dobré, pokud je to možné, držet v zásobách.

Druhým kritériem jsou náklady na skladování těchto komponentů, které je třeba porovnávat s ušlým ziskem, který vznikne z důvodů jejich nedostatků, a to například omezováním nebo úplným zastavováním výroby, nebo nemožnost prodeje určitých výbav, nebo modelů.

Pro určení nutného objemu strategických zásob jednotlivých komponent byl sestaven model pro segmentaci komponentů, který umožňuje porovnání komponentů na základě dvou výše zmíněných kritérií, a to ušlého zisku a nákladů na skladování. Tento návrh na segmentaci komponentů je zobrazen v tabulce 15.

**Tabulka 15** Segmentace komponentů (zdroj: autor)

Velký	Ušlý zisk	Velká zásoba	Velká / střední zásoba
Malý		Malá, nebo žádná zásoba	Malá, nebo žádná zásoba
Náklady na skladování			
		Malé	Velké

Každé kritérium v modelu může nabývat dvou hodnot, a to velké a malé. Pokud jsou u daného komponentu malé náklady na skladování a hrozí malý ušlý zisk při jeho nedostatku, není nutné držet žádné zásoby, nebo může být tento komponent naskladňován v malém množství podle vývoje na trhu. Pokud jsou u daného komponentu malé náklady na skladování, ale při jeho nedostatku hrozí velký ušlý zisk, je vhodné držet velkou strategickou zásobu. Pokud jsou náklady na skladování určitého komponentu velké a hrozící ušlý zisk při jeho nedostatku malý, není nutné držet velké zásoby. Pokud jsou velké jak náklady na skladování, tak hrozící ušlý zisk v případě jeho nedostatků, je vhodné držet velkou, nebo středně velkou zásobu, a to v závislosti na vývoji trhu.

Je nutné zmínit, že tato segmentace komponentů a stavy strategických zásob by měli být v čase přezkoumávány a upravovány podle současné situace na trzích a podle současných požadavků výroby. Existuje také možnost, že náklady na skladování některých komponentů budou tak vysoké, že budou v dlouhém období vyšší než potenciální ušlý zisk. V tom případě je na zvážení manažerů, zda takové zásoby držet, nebo ne. Je třeba určit, zda je pro společnost důležitější ziskovost, nebo navyšování tržního podílu.

Při správném provedení segmentace komponentů a dodržování periodického přezkoumávání nutnosti držení zásob a upravování stavů zásob lze dosáhnout zvýšení efektivity a snížení nákladů na držení strategických zásob.

Vzhledem k výhodám integrace elektroniky v automobilech je vhodné pro společnost Škoda Auto a. s. tuto strategii implementovat. Její zavedení do praxe bude ale trvat velmi dlouhou dobu, a to minimálně pět let. Reálně je však nutné předpokládat, že tento proces bude trvat mnohem delší dobu. Proto je vhodné zavést i krátkodobé a střednědobé řešení, kterým je právě vytvoření strategických zásob.

Strategické zásoby mohou být ale účinným nástrojem i v dlouhém období, jelikož trh s polovodičovými komponenty je poměrně zranitelný a náchylný k různým vnějším vlivům a často v něm dochází k výkyvům dodávky součástí.

#### 4.4 Shrnutí vyhodnocení navržených změn

V této části práce byly vyhodnoceny navržené změny v dodavatelském řetězci polovodičových komponentů společnosti Škoda Auto a. s. Návrh na zachování současného stavu byl vyhodnocen jako nevhodný, a to kvůli riziku negativního vývoje trhu a možným vážným následkům pro podnik.

Druhým hodnoceným návrhem byla integrace elektroniky v automobilech. Tato strategie byla vyhodnocena jako vhodná, avšak velmi nákladná a organizačně složitá, a to jak pro společnost Škoda Auto a. s., tak pro její síť dodavatelů. Výhody implementace této strategie však převažují tuto složitost a nákladovost.

Třetím hodnoceným návrhem bylo zavedení strategických zásob některých kritických komponentů. Tato strategie byla vyhodnocena jako vhodná, a vzhledem k dlouhodobému horizontu změny architektury elektroniky v automobilech je vhodné ji implementovat co nejdříve. Díky strategickým zásobám bude možné zajistit výrobu bez omezení v dobách, kdy budou nastávat nedostatky u dodavatelů, což je v dalších letech pravděpodobný vývoj událostí.

Dále byla doporučena kombinace dvou více zmíněných návrhů, a to integrace elektroniky v automobilech a zavedení strategických zásob, kvůli současné situaci a nepříliš příznivému střednědobému tržnímu vývoji. Strategické zásoby pomohou zmírnit v příštích letech nedostatky potřebných komponentů, přičemž integrace elektroniky v automobilech je přímo nástrojem k odstranění problému.

## ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala dodavatelským řetězcem polovodičových komponent pro automobilový průmysl a jejím cílem bylo na základě analýzy současného stavu navrhnout změny v dodavatelském řetězci polovodičových komponent pro společnost Škoda Auto a. s. a tyto navržené změny zhodnotit.

V práci byl zmapován tento dodavatelský řetězec a byla provedena analýza jeho zranitelnosti. Díky této analýze bylo zjištěno, že je dodavatelská řetězec poměrně zranitelný, a je tedy náchylný na různé vnější vlivy, díky kterým může docházet k nedostatkům v různých částech tohoto řetězce. Jako hlavní druh komponentů, který je zodpovědný za současné problémy ve výrobě automobilů byly identifikovány mikrokontrolery a mikroprocesory, které jsou součástí řídicích jednotek elektronických systémů automobilu, a které jsou převážně vyráběny za využití starých technologií. Jejich dodavatelský řetězec je díky rozsáhlému outsourcingu výrobních procesů poměrně složitý, a i když se na výrobě jednoho čipu podílí i více než 10 společností, až 70 % výroby čipu (leptání spojů a součástek na křemíkový wafer) je soustředěno u jediného výrobce. Celý proces výroby také trvá poměrně dlouhou dobu a není tak možné pružně reagovat na změny poptávky. Při nedostatcích také není možné nakupovat substituty od jiných dodavatelů, vzhledem k specifickým požadavkům na kvalitu a technické specifikace, jako je teplotní odolnost, odolnost proti mechanickému poškození nebo odolnost proti vodě a prachu, a také nároky na velmi dlouhou životnost.

V současné době panuje na trhu velký nesoulad mezi nabídkou a poptávkou po těchto komponentech, což má za následek prodlužování dodacích lhůt a nedostatky. Nedá se předpokládat, že by se tato situace v blízké budoucnosti zlepšila, protože výstavba nových továren je velmi finančně náročná. Tyto investice jsou sice v současné době realizovány, potrvá však minimálně dva až tři roky od začátku výstavby, než se navýšení výrobní kapacity projeví. Navíc výstavba nových továren pro staré technologie, které využívá právě automobilový průmysl, je vzhledem k faktu, že tyto součástky nabízejí mnohem menší výnosy než investice do nových technologií, není mezi dodavateli polovodičů populární.

V práci byly následně popsány tři návrhy na restrukturalizaci dodavatelského řetězce pro společnost Škoda Auto a. s., a to zachování současného stavu, integrace elektroniky v automobilech a zavedení strategických zásob. Zachování současného stavu bylo vyhodnoceno jako příliš riziková a nevhodná strategie. Jako nejvhodnější byla vyhodnocena kombinace integrace elektroniky v automobilech a zavedení strategických zásob určitých komponentů, tak aby bylo zajištěno dostatečné množství dílů pro výrobu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- DUJAK, Davor, et. al., 2020. *Tvorba dodavatelského řetězce a logistiky*. Poznan: Poznan School of Logistics. ISBN 978-83-62285-41-9.
- CHOPRA, Sunil a Peter MEINDL, (2016). *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation, 6th edition*. Pearson. ISBN 978-0133800203
- GARDNER, John T. a Martha C. COOPER, 2003. *Strategic Supply Chain Mapping Approaches* [online]. Journal of Business Logistics [cit. 2022-01-15]., Roč. 24, č. 2, s. 37-64. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2003.tb00045.x>
- MENTZER, John T., et. al., 2001. *Defining supply chain management* [online]. Journal of Business Logistics. [cit. 2022-01-15]. Roč. 22, č. 2, s. 1-25. ISSN 07353766. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- MONCZKA, Robert, et. al., 2006. *Purchasing and Supply Chain Management*. Cengage learning. ISBN 978-1285869681.
- GARDNER, John T. a Martha C. COOPER, 2003. *Strategic supply chain mapping approaches* [online] Journal of Business Logistics. [cit. 2022-01-15] Roč. 24, č. 2, s. 37-64. ISSN 07353766. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2003.tb00045.x>
- ZSIDISIN, George A. A Bob Ritchie, 2009. *Supply chain risk*. Springer. ISBN 978-0-387-79933-9
- ROTHER, Mike a John Shook, 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute. ISBN 978-0966784305
- STRATEGOS, INC., 2018. *Value Stream Mapping Symbols & Icons*. [online]. Strategos, Inc. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: [http://www.strategosine.com/vsm\\_symbols.htm](http://www.strategosine.com/vsm_symbols.htm)
- NAYLOR, Ben J., Mohamed M. Naim a Danny Berry, 1999. *Leagility: Integrating the Lean and Agile Manufacturing Paradigms in the Total Supply Chain*. [online]. International Journal of Production Economics. [cit. 2022-01-15]. Roč. 62 č.1-2. s. 107- 118. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- DEKIER, Łukasz, 2012. *The Origins and Evolution of Lean Management System*. [online]. Journal of International Studies. [cit. 2022-01-15]. Roč. 5, č. 1, s. 46-51. Dostupné z: [https://jois.eu/files/DekierV\\_5\\_N1.pdf](https://jois.eu/files/DekierV_5_N1.pdf)
- WOMACK, James P., 1990. *The Machine That Changed The World*. ISBN 0-89256-350-8.
- SOBEK, Durward K. a Michael Lang, 2010. *Lean healthcare: Current state and future directions*. [online]. IIE Annual Conference. [cit. 2022-01-15]. Proceedings, 1-6. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Durward-Sobek/publication/267250416\\_Lean\\_Healthcare\\_Current\\_State\\_and\\_Future\\_Directions/links/594004ac4585155461497e81/Lean-Healthcare-Current-State-and-Future-Directions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Durward-Sobek/publication/267250416_Lean_Healthcare_Current_State_and_Future_Directions/links/594004ac4585155461497e81/Lean-Healthcare-Current-State-and-Future-Directions.pdf)
- ŌNO, Taiichi, 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Boca Raton. ISBN 09-152-9914-3.

- LIKER, Liker K. a James M. Morgan, 2020. *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*. McGraw-Hill Education Ltd. ISBN 1260468518
- OUDOVÁ, Alena, 2016. *Logistika: základy logistiky*. 2. vyd. Prostějov: Computer Media. ISBN 978-80-7402-238-8.
- PERNICA, Petr, 1998. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. Praha: Radix. ISBN 80-86031-13-6.
- Council of Supply Chain Management Professionals, 2013. *SCM Definitions and Glossary of Terms*. [online]. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx)
- ASBJØRNSLETT, Bjørn Egil, 2009. *Assessing the Vulnerability of Supply Chains*. In. Supply Chain Risk, a Handbook of Assessment, Management, and Performance. ISBN 978-0-387-79933-9.
- WAGNER, Stephan M. a Victor Silveira-Camargos, 2011. *Decision model for the application of just-in-sequence*. [online]. International Journal of Production Research. [cit. 2022-01-12]. Roč. 49, č. 19, s. 14-57. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.505216>
- WATERS, Donald, 2003. *Logistics, An Introduction to Supply Chain Management*. ISBN 978-0-333-96369-2
- MULLAI, Arben, 2009. *Risk Management System – A Conceptual Model*. In. Supply Chain Risk, a Handbook of Assessment, Management, and Performance. ISBN 978-0-387-79933-9.
- U.S. Coast Guard (USCG), 2001. *Risk-Based Decision Making Guidelines, 2nd Edition*. [online]. USCG. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/19000/19500/19592/PB2002108236.pdf>
- INTEL CORPORATION, 2011. *From Sand to Silicon “Making of a Chip” - 32nm Version*. Intel Corporation [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://download.intel.com/newsroom/kits/chipmaking/pdfs/Sand-to-Silicon\\_22nm-Version.pdf](https://download.intel.com/newsroom/kits/chipmaking/pdfs/Sand-to-Silicon_22nm-Version.pdf)
- ITO, Takashi, 2002. *Research and Development of Advanced CMOS Technologies*. Fujitsu Limited [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.fujitsu.com/global/documents/about/resources/publications/fstj/archives/vol39-1/paper02.pdf>
- MOORE, Gordon E., 1965. *Cramming more components onto integrated circuits*. Intel Corporation [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://hasler.ece.gatech.edu/Published\\_papers/Technology\\_overview/gordon\\_moore\\_1965\\_article.pdf](https://hasler.ece.gatech.edu/Published_papers/Technology_overview/gordon_moore_1965_article.pdf)
- NAKASHIMA, Kenichi, SORNMANAPONG, Thitma, 2013. *A Study on Semiconductor Supply Chain in the Automotive Industry*. J Jpn Ind Manage Assoc [online]. Roč. 64, s. 284 – 292. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jima/64/2E/64\\_284/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jima/64/2E/64_284/_pdf/-char/ja)

- FORSTER, Christoph et. al., 2013. *Collaborative Value Chain Management between Automotive and Semiconductor Industry: An Analysis of Differences and Improvement Measures*. Procedia CIRP [online]. Roč. 12, s. 312 – 317. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.09.054>
- ZVEI, 2011. *Mitgliederversammlung, 2011 Bericht*. Frankfurt, ZVEI 2011.
- VOLKSWAGEN, 2017. *Internal company standard VW 80000 Electric and Electronic Components in Motor Vehicles up to 3.5 t; General Requirements, Test Conditions, and Tests*. Volkswagen.
- AMSRUD, Phil, 2021. *Managing the 2021 automotive chip famine*. IHS Markit. [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné také z: <https://cdn.ihsmarket.com/www/prot/pdf/0221/Semiconductor-Chip-Shortage-Whitepaper-v3.pdf>
- PAVLÍNEK, Petr a Luboš JANÁK, 2007. *Regional restructuring of the Škoda Auto supplier network in the Czech republic*. European Urban and Regional Studies [online]. [cit. 2021-12-16]. Roč. 14(2), s. 133–155. Dostupné z: <http://doi.org/0.1177/0969776407076101>
- SIA, 2021. *How microchips are made*. [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://www.asml.com/en/technology/all-about-microchips/how-microchips-are-made>
- SIA, 2021. *Chipmakers are ramping up production to address semiconductor shortage, here's why that takes time*. [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://www.semiconductors.org/chipmakers-are-ramping-up-production-to-address-semiconductor-shortage-heres-why-that-takes-time/>
- ARDEBILI, Haleh a Michael G. PECHT, 2009. *Trends and Challenges*. In: RIBBENS, William B. *Understanding Automotive Electronics (Seventh Edition)*. s. 417-458. ISBN <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097097-4.00001-1>. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-8155-1576-0.50012-7>
- FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, 1983. *CMOS, the ideal logic family*. Application note 77, [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://exa.unne.edu.ar/ingenieria/electronica3/pdf/AN-77 CMOS, the Ideal Logic Family.pdf>
- YIU, Joseph, 2016. *The Definitive Guide to Arm® Cortex®-M0 and Cortex-M0+ Processors*. 2nd edition. Elsevier. ISBN 978-0-12-803277-0.
- Facilities 450mm Consortium, 2017. *Evolution of the Silicon Wafer*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://f450c.org/infographic/>
- Virginia Semiconductor, 2017. *How Much Does A Silicon Wafer Cost*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://virginiasemi.wordpress.com/2017/08/20/how-much-does-a-silicon-wafer-cost/>
- SEMI, 2022. *The Macroeconomics of 450 mm Wafers*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.semi.org/en/macroeconomics-450mm-wafers>
- DIXON, Richard, Phil AMSRUD a Jeremie BOUCHAUD. *Managing the 2021 automotive chip famine*. IHS Markit [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://afia.pt/wp-content/uploads/2021/02/Semiconductor-Chip-Shortage-Whitepaper.pdf>



- DRÁPALA, Jaromír a Miroslav KURSA, 2012. *Elektrotechnické materiály: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-2570-0.
- HITACHI. 3. *The semiconductor material silicon*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.hitachi-hightech.com/global/products/device/semiconductor/silicon.html>
- KPMG, 2019. *Automotive semiconductors: The new ICE age*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://mysema.com/wp-content/uploads/2020/03/kpmg-automotive-semiconductors-new-ice-age.pdf>
- DELOITTE, 2022a. *Semiconductors – the Next Wave*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/tw/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/semiconductor-next-wave.html>
- ANYSILICON, 2020. *Semiconductor Wafer Capacity by Geographic Region (2020)*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://anysilicon.com/semiconductor-wafer-capacity-by-geographic-region-2020/>
- GIANFAGNA, Mike 2021. *What is electronic design automation*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-electronic-design-automation.html>
- MORDOR INTELLIGENCE, 2021. *Electronic design automation, EDA tools market*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/electronic-design-automation-eda-tools-market>
- BUSSINES WIRE, 2021. *Global semiconductor intellectual property market analysis forecast report (2018 – 2019 – 2020 – 2026)*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.businesswire.com/news/home/20210119005559/en/Global-Semiconductor-Intellectual-Property-IP-Market-Analysis-Forecast-Report-2018-2019-2020-2026---ResearchAndMarkets.com>
- ANYSILICON, 2021. *OSAT – outsourced semiconductor assembly and test*. [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://anysilicon.com/osat-outsourced-semiconductor-assembly-and-test/>
- TRIVEDI, Anjani, 2021. *Want a New Factory to Make Car Chips? That'll Be \$4 Billion, Please*. [online]. [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2021-02-21/the-chip-crisis-a-new-fab-to-make-what-cars-need-will-cost-4-billion-footnote-1>
- PORSCHE, 2021. *Interní materiály společnosti Porsche AG*.
- DELOITTE, 2022b. *2022 semiconductor industry outlook*. [online]. [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology-media-telecommunications/us-tmt-2022-semiconductor-outlook.pdf>
- BAUER, Harald, 2020. *Semiconductor design and manufacturing: Achieving leading-edge capabilities*. McKinsey & Company [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>

- CLARK, Don, 2021. *Chip Shortage Create New Power Players*. The New York Times [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2021/11/08/technology/computer-chip-shortage.html>
- GENERAL MOTORS, 2021. *General Motors and Wolfspeed Forge Strategic Supplier Agreement to Leverage Silicon Carbide for GM's Future Electric Vehicle Programs*. [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2021/oct/1004-wolfspeed.html>
- ARCURI, Gregory, 2022. *The FABS Act: An Essential Component for Incentivizing Semiconductor Manufacturing in the United States?* Center for Strategic and International Studies (csis.org) [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/fabs-act-essential-component-incentivizing-semiconductor-manufacturing>
- WINCE-SMITH, Deborah, 2021. *America's Lack Of Chips Is More Than A Blip*. Forbes [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/deborahwince-smith/2021/06/29/americas-lack-of-chips-is-more-than-a-blip/?sh=33fcd1f51584>
- EVROPSKÁ UNIE, 2022. *Communication from the Commission: A Chips Act for Europe*. [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/83086>
- MORDOR INTELLIGENCE, 2021. *Automotive Semiconductor Market 2022 – 27, Industry Share, Size, Growth*. [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/automotive-semiconductor-market>
- ANYSILICON, 2022. *Die Per Wafer (free) Calculator*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://anysilicon.com/die-per-wafer-formula-free-calculators/>
- FARNELL, 2022. *Chip/Die definition*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://uk.farnell.com/chipdie-definition>
- FARNELL, 2017. *STM32L021D4, STM32L021F4, STM32L021G4, STM32L021K4 datasheet*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.farnell.com/datasheets/2602779.pdf>
- IMARK GROUP, 2022. *Top Silicon Wafer Manufacturing Companies Worldwide*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.imargroup.com/top-silicon-wafer-manufacturing-companies>
- MORDOR INTELLIGENCE, 2021b. *Semiconductor Packaging Market Growth, Trends | Industry Forecast 2021 to 2026*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/semiconductor-packaging-market>
- EVERTIQ, 2021. *Evertiq - Revenue ranking of the top 10 OSAT companies for 3Q21*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://evertiq.com/news/51003>

- RESEARCH AND MARKETS, 2019. *Automotive PCB Market - Global Outlook and Forecast 2019-2024*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-14-billion-automotive-pcb-markets-2019-2024-key-vendors-are-chin-poon-cmk-kce-electronics-kingboard-meiko-electronics-nok-tripod-technology-ttm-technologies-300902388.html>
- WIKICHIP, 2022. *Core i7-12700KF – Intel*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: [https://en.wikichip.org/wiki/intel/core\\_i7/i7-12700kf](https://en.wikichip.org/wiki/intel/core_i7/i7-12700kf)
- SHANKLAND, Stephen, 2022. *Intel's New Car Division Aims to Modernize Driving*. Cnet.com. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/tech/computing/intels-new-car-division-aims-to-modernize-driving/>
- KOTLER, Philip, 1995. *Marketing management: analýza, plánování, realizace a kontrola. 2., dopl. a upr. vyd.* Praha. Victoria Publishing. ISBN 80-856-0508-2.
- SCHERER, Frederic, 1980. *Industrial Market Structure and Economic Performance, 2nd ed.* Chicago. Rand McNally. ISBN 978-0528675096.
- SHEAD, Sam, 2022. *Russia-Ukraine war: Laser neon shortage threatens semiconductor industry*. CNBC. [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2022/03/25/russia-ukraine-war-laser-neon-shortage-threatens-semiconductor-industry.html>
- ALPER, Alexandra, 2022. *Exclusive: Russia's attack on Ukraine halts half of world's neon output for chips*. Reuters. [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/technology/exclusive-ukraine-halts-half-worlds-neon-output-chips-clouding-outlook-2022-03-11/>
- YANG Stephanie a Jiyoung SOHN, 2021. *Global Chip Shortage 'Is Far From Over' as Wait Times Get Longer*. Wall Street Journal [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <https://www.wsj.com/articles/global-chip-shortage-is-far-from-over-as-wait-times-get-longer-11635413402?mod=djemalertNEWS>
- HU, K. et. al., 2006. *Application of chip-level EMC in automotive product design*. 2006 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. EMC 2006. 842-848. ISBN 1-4244-0293-X. Dostupné z: doi:10.1109/ISEMC.2006.1706428
- SHÖN Otakar, 2021. *Čipový hladomor pokračuje, problémy mohou trvat ještě několik let, trpí automobilky i producenti tabáku* [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66993310-cipovy-hladomor-pokracuje-problemy-mohou-trvat-jeste-nekolik-let-trpi-automobilky-i-producenti-tabaku0>
- XU Z. et. al., 2020. *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives*. [online] IEEE Engineering Management Review, vol. 48, no. 3, pp. 153-166. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <http://www.doi.org/10.1109/EMR.2020.3018420>.
- UNITED NATIONS, 2020. *Impact of the COVID-19 pandemic on trade and development, 2020*. United Nations. ISBN 978-92-1-113000-3.

- JACKSON, J. K. et. al., 2020. *Global economic effects of COVID-19*. Congressional Research Service, Washington DC, USA. [Online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://fas.org/sfp/crs/row/R46270.pdf>
- DE CHANT, TIM, 2021. *Fab fires and drought threaten to make chip shortages worse*. Ars Technica [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/tech-policy/2021/03/taiwan-drought-japanese-fab-fires-snarl-semiconductor-supply-chain/>
- WEI, Yayi a Robert L. BRAINARD, 2009. *Advanced Processes for 193-nm Immersion Lithography*. ISBN 978-0-8194-7557-2
- PATEL, Nilay, 2021. *Why the global chip shortage is making it so hard to buy a PS5*. [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2021/8/31/22648372/willy-shih-chip-shortage-tsmc-samsung-ps5-decoder-interview>
- STEFANOVIC, Slobodan, et. al. 2014. *Analysis of technological process of cutting logs using ishikawa diagram*. Acta Tehnica Corviniensis – Bulletin of Engineering [online]. 7(4), s. 93–98 [cit. 2022-04-05]. ISSN 2067–3809. Dostupné z: <https://acta.fih.upt.ro/acta/pdf/2014-4/ACTA-2014-4-15.pdf>
- HEERKENS, Hans a Arnold VAN WINDEN, 2017. *Solving Managerial Problems Systematically*. Nizozemsko: Noordhoff Uitgevers. ISBN 9789001887957.
- DEDOUCHOVÁ, Marcela, 2001. *Strategie podniku*. Praha: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9603-4.
- LATTI, Andrea, 2022. *Semiconductor market overview*. Techinsights Inc. [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.semiconductors.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F02%2FSemiconductor-Market-Overview\\_Andrea-Lati.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.semiconductors.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F02%2FSemiconductor-Market-Overview_Andrea-Lati.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)
- SEMI, 2021. *New Semiconductor Fabs to Spur Surge in Equipment Spending*. SEMI. [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.semi.org/en/news-media-press/semi-press-releases/new-semiconductor-fabs-spur-surge-equipment-spending>
- DAVIS, Robert I. et. al., 2007. *Controller Area Network (CAN) schedulability analysis: Refuted, revisited and revised*. Real-Time Systems [online]. 35(3), 239-272 [cit. 2022-04-11]. ISSN 0922-6443. Dostupné z: <http://doi:10.1007/s11241-007-9012-7>
- URQUHART, Colin et. al., 2019. *Cyber-Security Internals of a Skoda Octavia vRS: A Hands on Approach*. IEEE Access [online]. 7, 146057-146069 [cit. 2022-04-11]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: <http://doi:10.1109/ACCESS.2019.2943837>
- PIMENTEL, Juan, 2006. *Safety-Critical Automotive Systems*. SAE International. ISBN 978-0-7680-1243-9.

- OBERMAISSER, Roman, et. al., 2008. *DECOS: An Integrated Time-Triggered Architecture* [online]. Technische Universität Wien, Institut für Technische Informatik [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://ti.tuwien.ac.at/cps/people/obermaisser-new/papers/rr-112-2006.pdf>
- RAMSEY, James, 2007. *Integrated Modular Avionics: Less is More* [online]. Aviation Today. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.aviationtoday.com/2007/02/01/integrated-modular-avionics-less-is-more/>
- YCHARTS, 2022. *Worldwide semiconductor sales* [online]. Ycharts. [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: [https://ycharts.com/indicators/worldwide\\_semiconductor\\_sales](https://ycharts.com/indicators/worldwide_semiconductor_sales)
- YAHOO FINANCE, 2022. *SPDR S&P 500 ETF Trust (SPY) Stock Historical Prices & Data* [online]. Yahoo Finance. [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/quote/SPY/history?period1=757382400&period2=1643673600&interval=1mo&filter=history&frequency=1mo&includeAdjustedClose=true&guccounter=1>
- FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS, 2022. *Producer Price Index by Industry: Semiconductor and Other Electronic Component Manufacturing* [online]. Federal Reserve Bank of St. Louis. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/PCU33443344>
- ALSOP, Thomas, 2021. *Semiconductor integrated circuit (IC) monthly installed capacity from 2015 to 2025* [online]. Statista. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/783804/worldwide-semiconductor-monthly-installed-capacity/>
- ŠKODA AUTO A. S., 2022a. *Přehled modelů* [online]. Škoda Auto a. s. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://heritage.skoda-auto.com/cs/casova-osa/vsechny-vozy/>
- ŠKODA AUTO A. S., 2022b. *Výroční zpráva 2021* [online]. Škoda Auto a. s. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2022/03/220322-SKODA-AUTO-Vyrocnizprava-2021-1.pdf>
- ŠKODA AUTO A. S., 2020. *Výroční zpráva 2019* [online]. Škoda Auto a. s. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: [https://cdn.skoda-storyboard.com/2020/06/SKODA\\_2019\\_CZE.pdf](https://cdn.skoda-storyboard.com/2020/06/SKODA_2019_CZE.pdf)
- ŠKODA AUTO A. S., 2021. *ŠKODA AUTO dodala v roce 2020 zákazníkům na celém světě i navzdory pandemii koronaviru více než milion vozů* [online]. Škoda Auto a. s. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/skoda-auto-dodala-v-roce-2020-zakaznikum-na-celem-svete-i-navzdory-pandemii-koronaviru-vice-nez-milion-vozu/>
- ŠKODA AUTO A. S., 2022c. *ŠKODA AUTO dodala v roce 2021 zákazníkům na celém světě navzdory pandemii koronaviru a nedostatku polovodičů 878 200 vozů* [online]. Škoda Auto a. s. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2022-01-11-skoda-auto-dodala-v-roce-2021-zakaznikum-na-celem-svete-navzdory-pandemii-koronaviru-a-nedostatku-polovodicu-878-200-vozu>
- HNILICA, Jiří a Jiří FOTR, 2009. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-2560-4.

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b>	Rozdíly mezi just in time a just in sequence .....	17
<b>Tabulka 2</b>	Srovnání kvalitativních a kvantitativních scénářů .....	25
<b>Tabulka 3</b>	Elektronika v automobilech podle segmentu .....	28
<b>Tabulka 4</b>	Elektronika v automobilech podle druhu součástek .....	31
<b>Tabulka 5</b>	Vývoj velikosti waferů .....	37
<b>Tabulka 6</b>	Podíl trhu návrhu a výroby MCU pro automobilový průmysl .....	38
<b>Tabulka 7</b>	Downsizing CMOS technologie .....	40
<b>Tabulka 8</b>	Prvky dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl .....	48
<b>Tabulka 9</b>	Srovnání výnosů mezi 40 nm a 14 nm technologiemi .....	55
<b>Tabulka 10</b>	Parametry srovnávaných mikroprocesorů .....	55
<b>Tabulka 11</b>	Srovnání výnosů 5 nm a 40 nm technologie .....	55
<b>Tabulka 12</b>	Vybrané položky z výkazu zisku a ztrát .....	60
<b>Tabulka 13</b>	Vývoj výrobní kapacity polovodičových komponent 2015–2025 .....	64
<b>Tabulka 14</b>	Harmonogram uvedení modelů .....	67
<b>Tabulka 15</b>	Segmentace komponentů .....	75

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b>	Model supply chain managementu .....	15
<b>Obrázek 2</b>	Toyota production systém.....	16
<b>Obrázek 3</b>	Obnovení stability po narušení .....	21
<b>Obrázek 4</b>	Konstrukce diagramu příčin a následků.....	22
<b>Obrázek 5</b>	Model organizace průmyslu.....	23
<b>Obrázek 6</b>	Polovodiče v automobilu .....	27
<b>Obrázek 7</b>	Podíl jednotlivých segmentů na celkovém trhu .....	29
<b>Obrázek 8</b>	Roční % růst jednotlivých segmentů .....	30
<b>Obrázek 9</b>	Podíl jednotlivých druhů součástek na celkovém trhu.....	32
<b>Obrázek 10</b>	Roční % růst jednotlivých druhů součástek.....	32
<b>Obrázek 11</b>	Schéma CAN sběrnice Škody Octavia vRS 2017.....	33
<b>Obrázek 12</b>	Postup při výrobě mikroprocesoru .....	35
<b>Obrázek 13</b>	Wafer.....	36
<b>Obrázek 14</b>	Délka produkčního cyklu .....	37
<b>Obrázek 15</b>	Podíl trhu odběratelů polovodičových komponentů .....	39
<b>Obrázek 16</b>	Podíl elektroniky na celkových nákladech výroby automobilu.....	40
<b>Obrázek 17</b>	Srovnání délky životního cyklu mezi odvětvími. ....	41
<b>Obrázek 18</b>	Srovnání požadavků automotive a výrobců mobilních telefonů.....	43
<b>Obrázek 19</b>	Kapacity výroby polovodičových komponent podle zemí .....	45
<b>Obrázek 20</b>	Meziroční růst prodeje integrovaných obvodů .....	51
<b>Obrázek 21</b>	Časová osa událostí.....	59
<b>Obrázek 22</b>	Diagram příčin a následků .....	59
<b>Obrázek 23</b>	Vývoj hodnot světového prodeje polovodičů a index S&P 500 .....	63
<b>Obrázek 24</b>	Producer price index polovodičových komponent.....	63

## **SEZNAM ZKRATEK**

EV	Elektrické vozidlo
OEM	Original Equipment Manufacturer
SIA	Semiconductor Industry Association



## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha A** Mapa dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl

## Příloha A Mapa dodavatelského řetězce polovodičových komponent pro automobilový průmysl

