



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Manipulační prostředky

**Logistika a vnitropodniková doprava – QLV**

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně



FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství



- **Označení:**

M.H.E. – Material handling equipment

- **Druhy:**

Dopravníky, skluzy, vysokozdvížné vozíky (VZV), vlaky, jeřáby, ...

- **Použití:**

Pro odborné přemísťování, ložení a usměrňování materiálu ve výrobě, oběhu a skladování

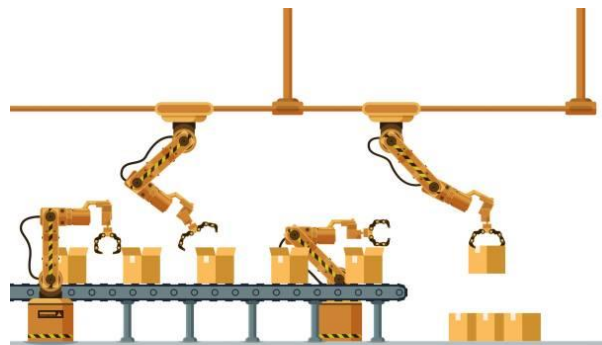


## ▪ Dopravní výkon

- Je množství materiálu, které může dopravní nebo manipulační zařízení přemístit za časovou jednotku
- Z dopravního výkonu určíme:
  - V jednotkách hmotnosti za čas  $Q$  [t/h] → **hmotnostní**
  - V jednotkách objemu za čas  $Q_v$  [m<sup>3</sup>/h] → **objemový**
  - V počtech kusů nebo osob za čas  $Q_k$  [ks/h] → **kusový**



- Dopravní výkon závisí:
  - Plynulá činnost (**Kontinuální**)



- Přerušovaná činnost (**Nekontinuální**)





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

**Plynulá činnost (kontinuální)**

---



FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

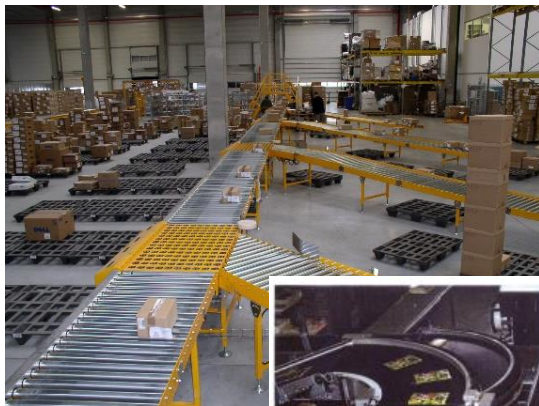
- Zabezpečují kontinuální tok materiálu pomocí pevně stanovené cesty
- Během přesunu dochází k nakládání a vykládání materiálu
  - Náklad se přepravuje dokud není odebrán
- Využití zejména u hromadné nebo sériové výroby



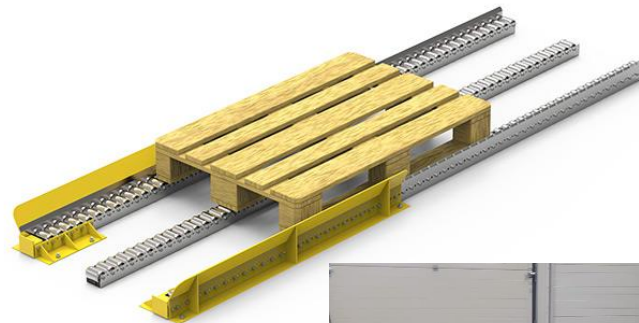
- Výhody:
  - Permanentní pohotovost a přepravní příprave
  - Nízká potřeba lidských zdrojů
  - Možnost vysokého stupně automatizace
- Nevýhody:
  - Stabilní instalace
  - Snížená flexibilita
  - Vyšší investiční náklady



- Dopravníky – Conveyors



- Válečkové dráhy – Roller track

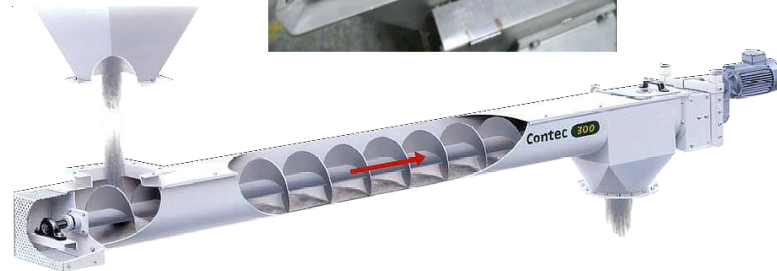


- Skluzy - Chute



<https://www.hoistandaccess.com/equipment/equipment-list/rubbish-chutes.html>  
<https://www.scribd.com/document/369365765/Sandvik-20Telescopic-20EN>

- Šneky - Screw

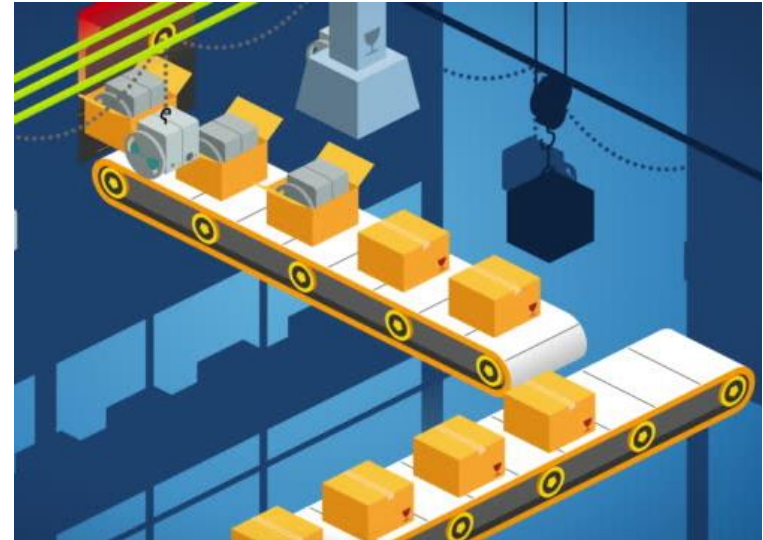


<http://chocotoff.ulyssis.org/veevoeder/welzijnveevoedersector.pdf>  
<https://www.navzas.cz/snekove-dopravniky>

- Výpočet dle typu plynulé činnosti
  - Plynulý tok



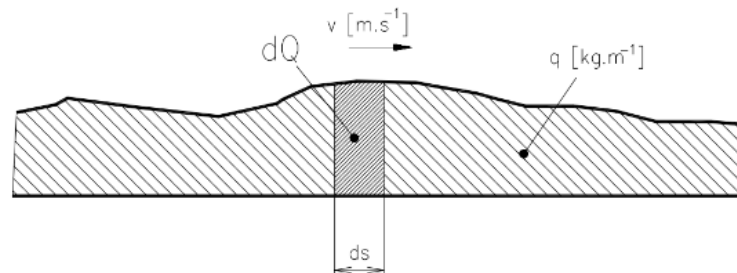
- Pravidelné dávky



- Pro plynulý tok
  - Pro nepravidelný materiál → šterk, písek v dopravníku
  - Dopravovaný materiál je reprezentován měrnou hmotností materiálu  $q$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ ]
  - Vychází z integrální rovnice

$$\int_0^Q dQ = q \cdot ds = \int_0^t q \cdot v \cdot dt \quad \rightarrow \quad Q_v = 3600 \cdot S \cdot k_\varphi \cdot v$$

- Kde:
  - $Q_v$  - objemový dopravní výkon [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
  - $S$  - průřez nákladu (zboží) [ $\text{m}^2$ ] → dle tabulky
  - $k_\varphi$  - součinitel plnění [-] → (1 – 0,6)
  - $v$  - rychlost dopravy [ $\text{m}/\text{s}$ ]



# Plynulá činnost (kontinuální) - výpočet

12

- $S$  – průřez nákladu (zboží) [m<sup>2</sup>]  
 – Ukázka tabulky z norem pro různé typy dopravníků

Typ dopravníku	Zobrazení	Vztahy pro výpočet průřezů náplně $S$ [m <sup>2</sup> ]
Pásový dopravník ploché uspořádání		$S = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \text{tg} \psi_a$ $b = 0,9 \cdot B - 0,05$
korýtkové uspořádání		$S = S_1 + S_2$ $S = \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \text{tg} \psi_a + \frac{1}{4} \cdot (b_1^2 - l_s^2) \cdot \text{tg} \beta$ $b_1 = b \cdot \cos \beta + l_s \cdot (1 - \cos \beta)$
Legenda:	<p><math>b</math> - využitá ložná šířka pásu [m]  <math>\psi_a</math> - dynamický sypaný úhel dopravovaného materiálu [°]  <math>l_s</math> - délka středního válečku [m]  <math>\beta</math> - úhel sklonu bočních válečků [°]</p>	

Typ dopravníku	Zobrazení	Vztahy pro výpočet průřezů náplně $S$ [m <sup>2</sup> ]
Hřeblový dopravník s jednostranným nástavným plechem		$S = 0,45 \cdot H \cdot b + \frac{1}{4} \cdot b^2 \cdot (h_1 + h_2) + 0,5 \cdot B \cdot h_2$ $h_2 = h_1 + 0,5 \cdot b \cdot \text{tg} \psi_a$ pro $b = 0,8 \cdot B$ , $h_1 = 0$ a $\psi_a = 20^\circ$ $S = 0,36 \cdot B \cdot H + 0,1 \cdot B^2$
s oboustranným nástavným plechem		$S = 0,45 \cdot H \cdot b - h \cdot B + 0,25 \cdot B^2 \cdot \text{tg} 15^\circ$ pro $b = 0,8 \cdot B$ , $h = 0,23 \text{ m}$ $S = 0,36 \cdot B \cdot H + 0,23 \cdot B + 0,067 \cdot B^2$
Legenda:	$h_1$ - výška nahrnovacích plechů nad žlabem [m]	
Poznámka:	Dynamický sypaný úhel se u jednostranného nástavného plechu doporučuje brát $\psi_a = 35^\circ$	
Šnekový dopravník		$S = \frac{\pi \cdot D^3}{4}$
Poznámka:	Správná funkce šnekového dopravníku je podmíněna častým naplněním žlabu	
Doporučuje se:	$\psi_a = 0,45$ pýské neabrazivní materiály (obilí) $\psi_a = 0,30$ zrnitý materiál (kusové uhlí) $\psi_a = 0,15$ abrazivní materiál (písek, koks)	

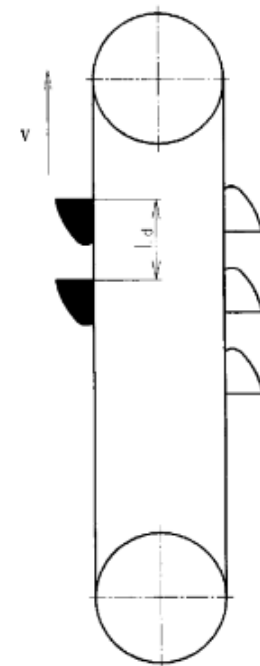
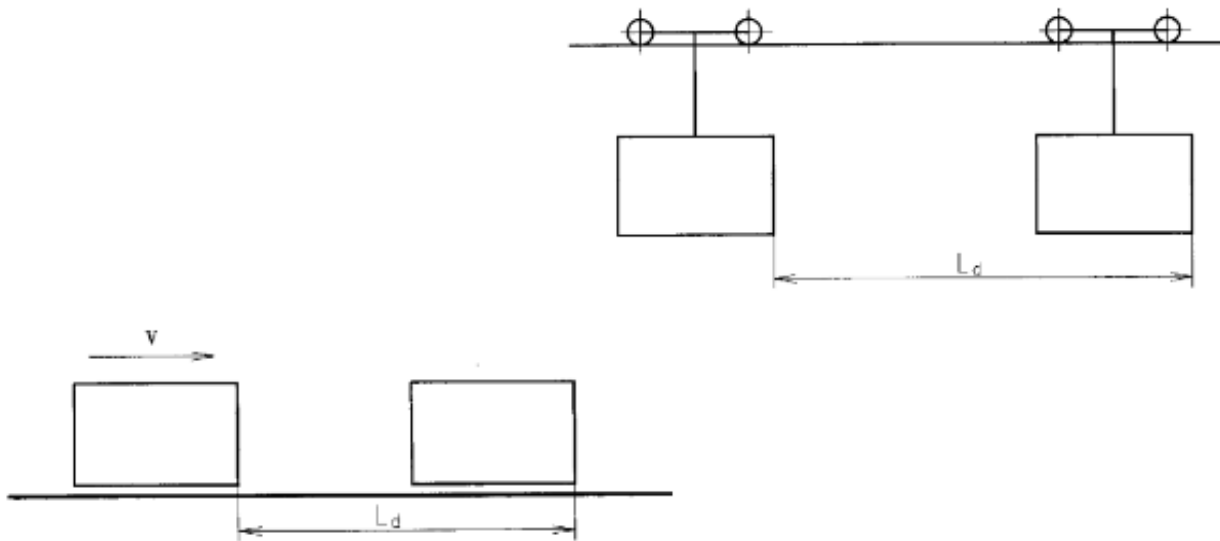
- Pro pravidelné dávky
  - Kusové zboží na páse nebo lanové dráze

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{V}{L_d} \cdot k_\varphi \cdot v$$

- Kde:
  - $Q_v$  - objemový dopravní výkon [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
  - $V$  - objem dávky (vozu, palety) [ $\text{m}^3$ ]
  - $L_d$  - vzdálenost mezi dávkami [m]
  - $k_\varphi$  - součinitel plnění [-]  $\rightarrow (1 - 0,6)$
  - $v$  - rychlost dopravy [m/s]



- $L_d$  – vzdálenost mezi dávkami [m]
  - Ukázka měření této délky





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

**Přerušovaná činnost (nekontinuální)**

---



FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

- Prostředky pracují přerušovaně při volném výběru směru podle potřeby výrobních míst
- Využití zejména v malosériové nebo kusové výrobě
- Dopravní cyklus:
  - Přejímka a nakládka materiálu
  - Vlastní přeprava k místu určení
  - Vykládka a přejímka materiálu na cílovém místě
  - Jízda k dalšímu pracovišti nebo do depa (parkoviště)



- Výhody:
  - Flexibilita pohybu
  - Rychlá doprava po minimální dráze
- Nevýhody:
  - Vyšší potřeba prostoru
  - Zajištění obsluhy
  - Nevyužitá jízdy prostředků



# Přerušovaná činnost (nekontinuální)

- Vysokozdvížné vozíky (VZV)
  - Forklifts
- Jeřáby - Cranes



# Přerušovaná činnost (nekontinuální)

- Automobilová doprava



<https://www.auto.cz/daf-spojuje-budoucnost-nakladnich-vozidel-s-elektrinou-124876>  
<https://www.skodamobil.cz/cz/01-2021-mobil/logistika-znacky>

- Železniční doprava



<https://www.investigace.cz/cd-cargo-proti-vsem/>  
<https://www.up.com/communities/rail-safety/photo-safety>

- Dopravní výkon
  - Přerušovaná doprava je charakteristická svou nepravidelností a s tímto faktorem je nutno při stanovení dopravního výkonu uvažovat.

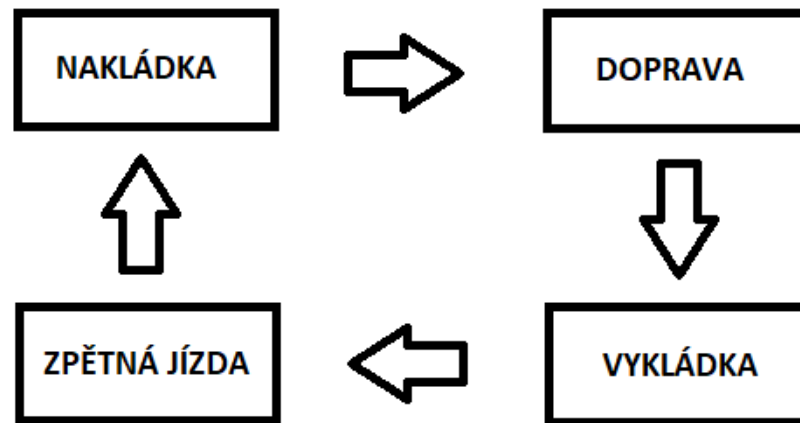
$$Q_v = \frac{3600}{t_c \cdot k_N} \cdot V \cdot k_\varphi \quad \text{nebo} \quad Q = \frac{3,6}{t_c \cdot k_N} \cdot m_Q \cdot k_\varphi$$

- Kde:
  - $Q_v$  – objemový dopravní výkon [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
  - $Q$  – objemový dopravní výkon [ $\text{t}/\text{h}$ ]
  - $t_c$  – celková doba pracovního cyklu [s]
  - $k_N$  – součinitel nerovnosti dopravy [-]  $\rightarrow 1,1 - 1,4$  (dle normy)
  - $V$  – užitečný objem dopravní nádoby [ $\text{m}^3$ ]
  - $k_\varphi$  – součinitel plnění [-]  $\rightarrow (1 - 0,6)$
  - $m_Q$  – nosnost vozidel [kg]

# Přerušovaná činnost (nekontinuální) - výpočet

- Celková doba pracovního cyklu ( $t_c$ )
  - Určí se z rozboru pracovních operací v průběhu cyklu

- 1) Nakládání materiálu
- 2) Doprava materiálu
- 3) Vykládání materiálu
- 4) Zpětná jízda
- 5) Čas v nabíjecí stanici



# Přerušovaná činnost (nekontinuální) - výpočet

- Celková doba pracovního cyklu ( $t_c$ )
  - Určí se z rozboru pracovních operací v průběhu cyklu

$$t_c = t_{z1} + \frac{L_{PL}}{V_{PL}} + t_{z2} + \frac{L_{PR}}{V_{PR}}$$

Kde:

$t_c$  - celková doba pracovního cyklu [s]

$t_{z1}$  - doba nakládání materiálu [s]

$L_{PL}$  – celková dráha při dopravě plných vozidel [m]

$V_{PL}$  – průměrná dopravní rychlost plných vozidel [m/s]

$t_{z1}$  - doba vykládání materiálu [s]

$L_{PL}$  – celková dráha při dopravě prázdných vozidel [m]

$V_{PL}$  – průměrná dopravní rychlost prázdných vozidel [m/s]



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## Určování vhodných tras

---



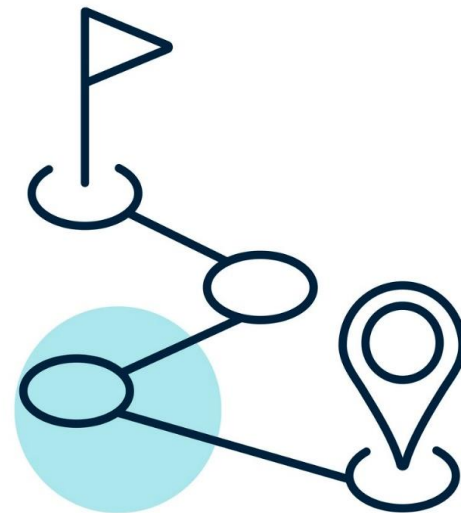
FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

- Vždy návrh dle:
  - Výrobních požadavků
  - Technologických požadavků
  - Bezpečnostních požadavků
  - Environmentálních požadavků
- Optimalizace nákladů na přepravu
  - Délka trasy
  - Zpomalení
  - Časy nakládky a vykládky



- Rozlišujeme:
  - Statické trasování
    - Pevně stanovená trasa
    - Nebere v úvahu aktuální poptávku po dopravě/spotřebě materiálu
  - Dynamické trasování
    - Definována základní trasa
    - Trasa se změní na základě aktuální poptávky nebo překážky na trase
  
- Statické a dynamické trasování založeno → Optimalizaci tras

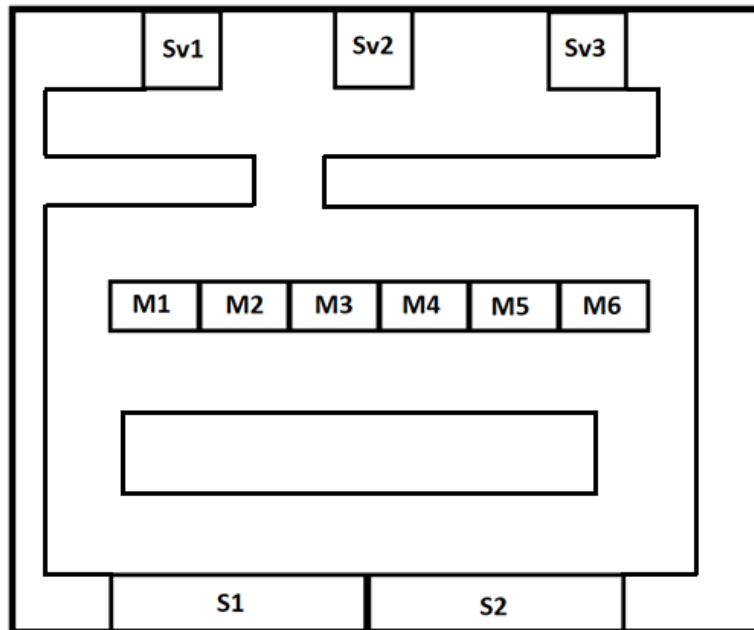
- Postup tvorby a optimalizace tras
  - 1) Zakreslení a označení objektů v hale
  - 2) Vyznačení vzájemných vztahů (tabulárně nebo diagram)
  - 3) Vyznačení cest a směrů v hale
  - 4) Prvotní návrh tras (volit nejkratší vzdálenost)
    - Postupujeme dle tabulky procesů
  - 5) Odhalení úzkých/rizikových míst
    - Křížení, obousměrný provoz, couvání
  - 6) Vytvoření nových tras včetně označení
  - 7) Vytvoření opatření v rizikových místech



- Minimalizace vzdálenosti a odporu
  - Kratší trasy = menší spotřeba paliva/energie
  - Výběr **energeticky nejefektivnější cesty**, nejen nejkratší **Vyhýbání se přetíženým nebo pomalým úsekům**, kde se více brzdí a zrychluje
- Zohlednění typu pohonu
  - **Elektromobily / VZV** – citlivé na časté zastavení/zrychlení a stoupání
  - **Vodíkové systémy** – vhodné pro delší trasy bez častého dobíjení
  - **Hybridní systémy** – umožňují rekuperaci energie při brzdění

- Optimalizace rozvržení skladu / haly
  - Umístění zón s ohledem na **frekvenci pohybu** (ABY/XYZ)
  - Minimalizace jízd naprázdno
  - Kombinace úkolů (multi-stop picking, obousměrné zásobování)
- Softwarová podpora a algoritmy
  - Routing software / WMS / TMS s energetickými váhami (ne jen časovými)
  - AI a machine learning pro predikci zatížení, úzkých míst, dojezdových vzdáleností
  - Real-time monitoring spotřeby vozidel / zařízení (např. pomocí IoT senzorů)

# Návrh a optimalizace tras - příklad



M 1 - 6 - montovny  
Sv 1 - 3 - svařovny  
S1 - sklad materiálu  
S2 - sklad hotových výrobků



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## Koncepty hybridních a alternativních systémů manipulačních zařízení



FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

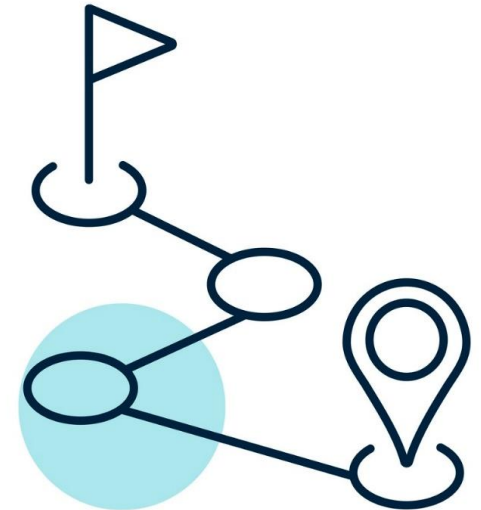
- Tradiční pohony
  - Diesel (Nekontinuální)
  - LPG (Nekontinuální)
  - Elektrické (Kontinuální)
- Hybridní a alternativní systémy
  - Fotovoltaické systémy
  - Vodíkové pohony
  - Hybridní systémy
  - Biopaliva
  - EMS



- Energetická soběstačnost:
  - Využití střešních a fasádních FVE pro provoz manipulační techniky
  - Ukládání energie do bateriových systémů
  - Vlastní vodíkové elektrolyzéry (pro větší areály)
- Udržitelnost provozu:
  - Nízké nebo nulové emise CO<sub>2</sub> během provozu
  - Dlouhá životnost zařízení (např. vodíkové palivové články)
  - Možnost recyklace (solární panely, baterie)

# Návrh hybridního nebo alternativního manipulačního systému

- 1) Analýza provozu a potřeb
- 2) Výběr koncepce systému
- 3) Energetická strategie
- 4) Technické a provozní návrhy
- 5) Ekonomické a environmentální hodnocení



- Typ manipulovaných produktů (hmotnost, objem, četnost)
- Profil provozu (směnnost, intenzita, trasy)
- Stávající technologie a její limity
- Dostupné zdroje energie (elektřina, solární potenciál, dostupnost vodíku)



- Hybridní systém

- Příklad 1h:

V hale: elektrické VZV dobíjené ze solární FVE

Mezi halami: AGV (automatizované vozíky) s rekuperací energie při brzdění

- Příklad 2h:

Skladová věž (zakladač) + dopravníkové linky napájené z baterie dobíjené v nočních hodinách (nižší tarif) → inteligentní hybrid s řízením spotřeby

- Alternativní systém

- Příklad 1a:

Vodíkové VZV místo naftových → vyšší výdrž, nižší emise

Zřízení vodíkové plnicí stanice přímo v areálu

- Příklad 2a:

AMR (autonomní mobilní roboti) v interní logistice s napájením ze solárních panelů na střeše → bezemisní provoz

- Spotřeba energie (zjednodušeně)

$$E_{spotřeba} = P \cdot t$$

Kde:

$E_{spotřeba}$  – spotřeba energie [kWh]

$P$  – příkon zařízení [kW]

$t$  - doba provozu [h]

- Možnost výroby z obnovitelných zdrojů

– Například pro FVE:  $E_{FVE} = A \cdot \eta \cdot H$

Kde:

$E_{FVE}$  – denní vyrobená energie [kWh]

$A$  – plocha FVE panelů [m<sup>2</sup>]

$\eta$  - účinnost systému (běžně 0,15–0,20)

$H$  - průměrné denní osvit (kWh/m<sup>2</sup>/den, např. 3–5 v ČR)

- Potřeba akumulace

– Potřebná kapacita akumulátoru:  $C_{bat} = \frac{E_{denní} \cdot k}{DOD}$

Kde:

$C_{bat}$  – kapacita baterie [kWh]

$E_{denní}$  – denní spotřeba, kterou chceme pokrýt

$k$  – počet dní zálohy (např. 1–2 dny)

DOD - hloubka vybití (Depth of Discharge, např. 0.8 pro Li-ion)

- Celková energetická bilance

$$E_{bil} = E_{FVE} + E_{rekuperace} - E_{spotřeba}$$

Kde:

$E_{rekuperace}$  – získaná energie z brzdění atd. [kWh]

$E_{bil}$  – Celková energetická bilance

$E_{bil} > 0$  - Přebytek energie, možnost uložení do baterií

- Počet a typ prostředků (např. 4 vodíkové VZV, 2 AMR, 1 dopravník)
- Logistické trasy a zóny (přesuny, čekací body, stanice nabíjení/plnění)
- Bezpečnostní opatření a certifikace
  
- **Příklad:**
  - Materiálový tok: příjem zboží → překládka → sklad → expedice
  - Systém: dopravní pás (solárně napájený) + AMR k vyskladnění + vodíkový VZV na nakládku kamionu

- Ekonomické
  - Pořizovací náklady (CAPEX)
  - Provozní náklady (OPEX)
  - ROI (návratnost investice)

$$ROI = \frac{\text{Úspora}}{\text{Investice}} \cdot 100 [\%]$$

- Environmentální
  - Emisní úspora (kg CO<sub>2</sub>/rok)

$$\text{Úspora} = E_{\text{úspora}} \cdot EF$$

Kde:

$E_{\text{úspora}}$  - úspora elektřiny nebo paliva  
[kWh nebo l]

EF – emisní faktor (elektřina (ČR)  $\approx 0.4$   
kg CO<sub>2</sub>/kWh; nafta  $\approx 2.6$  kg CO<sub>2</sub>/l)

- Dopad na ESG/CSR

## ▪ ESG

- Základní pravidla udržitelného podniku

- Environment

Emise, znečištění, recyklace

- Social

Lidské zdroje, stakeholders

- Governance

Řízení a management

## ▪ CSR

- Společenská odpovědnost firem

- Dlouhodobá udržitelnost podniku, snížení rizik, konkurenceschopnost

- Ekonomická, sociální, environmentální oblast





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



# DĚKUJI ZA POZORNOST

Vytvořeno v rámci projektu: Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT v Brně (NPO\_VUT\_MSMT-2143/2024-5)

+420 541 142 426

[Michal.Urbaneck2@vutbr.cz](mailto:Michal.Urbaneck2@vutbr.cz)

Ing. Michal Urbánek

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta strojního inženýrství  
Ústav automobilního a  
dopravního inženýrství

FAKULTA ústav automobilního  
STROJNÍHO a dopravního  
INŽENÝRSTVÍ inženýrství

