



## Technika v pohybu

### kurz 3.1 Pohyb ve vzduchu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/1.3.00/48.0121





### **Cíle kurzu**

Získat širší povědomí o tom, co umožňuje pohyb techniky ve vzduchu. Dozvědět se o historii a vývoji techniky pohybující se ve vzduchu. Seznámit se blíže s pojmy tlaku, vztlaku, proudění. Pochopit pomocí pokusů podstatu využití těchto jevů při pohybu techniky ve vzduchu, a to vše v podobě blízké chápání malých dětí.

### **OSNOVA KURZU:**

#### **Objasnění fyzikálních principů pohybu ve vzduchu**

za vším hledej to, proč něco letí

#### **Názorná aplikace včetně ukázky na příkladech**

Bernoulliho principu

#### **Seznámení se s polytechnickou stavebnicí**

#### **Práce s polytechnickou stavebnicí**

## PROPOJENÍ TÉMATU S REÁLNÝM SVĚTEM ANEB PROČ SE TÍM VLASTNĚ ZABÝVAT?

Lidé snili odjakživa o tom, že budou létat jako ptáci. Otázkou bylo, jak na to. První skákali z věží a mávali při tom doma vyrobenými křídly. Jiní se snažili vynést pomocí draků, či se jen snášet pomocí padáků.

Nakonec ale skončili u létajících strojů neboli letadel, která patří mezi nejúžasnější vynálezy.

Člověk během historie vymyslel spoustu vynálezů, které mu usnadňovaly práci, ulehčovaly život. Lidé si své poznatky a zkušenosti předávali z generace na generaci a s vývojem civilizace se vyvíjela i věda. Náhled do historie může být proto pro nás v mnohém inspirativní.

### VÝVOJ A HISTORIE

- Jaké létající stroje máme a kdy vznikly?
- Drak využívá síly větru a ukotvení k zemi.
- Balón využívá horkého vzduchu, který je lehčí než okolní vzduch, a proto stoupá vzhůru.
- Vzducholod' využívá naplnění lehkým plynem a pohonu pro pohyb.
- Letadlo má křídla, která jej drží ve vzduchu (využívá tlak a vztlak) a motory, které jej pohánějí, umožňují pohyb.
- Raketa se pohybuje zásluhou raketového motoru.
- Družice se pohybuje ve vzduchoprázdnu setrvačností.

Prostředky pro přepravu vzduchem můžeme rozdělit do 3 základních kategorií:

- a) prostředky umožňující pohyb ve vzduchu, díky tomu, že jsou lehčí než vzduch - sem patří balóny a vzducholodě
- b) prostředky, které umožňují pohyb ve vzduchu i přesto, že jsou těžší než vzduch – kluzák, rogaló, padák, letadla, vrtulníky, rakety
- c) prostředky, které se pohybují tam, kde není vzduch – družice

Poznámky:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## POHYB VE VZDUCHU

1 tisíc let před naším letopočtem – Čínský drak, velký drak z hedvábí dokázal zvednout i člověka.



1 tisíc let našeho letopočtu - Létající mnich Eilmer z Malmesbury zkoušel plátěná křídla. Zlomil si při tom nohu.



1483 - Vrtulník Leonarda Da Vinci poháněný lidskou silou – ne-vzlétl, protože byl příliš těžký.

1514 - Leonardo da Vinci – první konstrukce padáku později ověřená Fausto Veranzinem.



**Balóny** - 1783 - Horkovzdušný balón bratří Montgolfierů. První úspěšný let vyrobeného balónového tělesa.



**Vzducholodě** - 1852 Giffardova vzducholod' – vzducholod' poháněná parou - Ferdinand Zeppelin - nová éra vzducholodí.

Zlatá éra vzducholodí – období mezi válkami Vzducholod' Hindenburg, délka: 244 m

průměr/výška: 40 m, rychlost: max. 135 km/hod.

Poznámky:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**Letadla s kolovým startem** – 30. léta 20. století USA - začátek 21. století



**Dopravní letadla** Cesna 172



**ATR 72 - turbovrtulový**



**Nadzvuková dopravní letadla** 1968 – 2000  
TU 144 a Concorde – nadzvuková dopravní letadla s rychlostí 2 Mach (dvakrát rychlejší než zvuk)



**Letadla na solární pohon** 2009



**Rakety a raketoplány** - raketoplán je dopravní prostředek určený k dopravě na orbitální dráhu kolem Země.



Poznámky:.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....





To znamená, že pokud je něco lehčí než vzduch, tak to letí samo!

## Navazující aktivity

Nemusíme s dětmi nikam létat balónem, abychom si ukázali, proč balón letí. Na stejném principu totiž fungují lampióny štěstí, které lze běžně sehnat.

# Křídlo – Bernoulliho princip důkaz

## Letí – protože proudí vzduch

Pomůcky

dvě prázdné plechovky od nápoje, dva listy papíru A4, špejle, izolepa

## Popis

### pokus 1

Připravíme si prázdné plechovky od nápoje a položíme je volně vedle sebe na stůl tak, aby byly souběžné a vzdálené od sebe cca 3 cm. Zeptáme se dětí, co si myslí, že se bude dít, když mezi ně foukneme. Pravděpodobná odpověď bude, že se rozkutálí od sebe. Pak pokus s fouknutím provedeme a sledujeme, co se skutečně stane. Plechovky se začnou valit k sobě.

### pokus 2

Připravíme si volné listy papíru formátu A4 a ty připevníme (přilepíme) ke špejlím tak, aby nám vznikly 2 prapory. Pak prapory uchopíme za špejle, a dáme je do souběžné polohy, vzdálené od sebe cca 5 cm. Opět se zeptáme dětí, co se stane, když mezi papíry foukneme. Následně mezi listy foukneme a pozorujeme, co se děje. Na rozdíl od očekávání se listy přiblíží k sobě!

## Vysvětlení

V obou případech je to proto, že tím jak jsme foukali mezi předměty, jsme zrychlili v uvedených místech proudění vzduchu. V místě, kde vzduch proudí rychleji (podle Bernoulliho principu), se snížila tlak oproti okolí – vzniká tam podtlak.

V místě, kde je podtlak, dochází k nasátí předmětu (to je k pohybu plechovek k sobě, k přiblížení papírů k sobě).

Stejně je tomu v případě, když proudí vzduch kolem křídla na letadle.

Křídlo se zvedne tím, že na něj působí vzlaková síla, která vzniká tak, že na horní straně křídla, která je zaoblená, musí



vzduch urazit delší cestu. Musí tedy proudit rychleji, a tím že proudí rychleji, vzniká v daném místě podtlak. Křídlo je nasáváno vzhůru. Viz Teoretická část. Šipka a vlaštovka - Bernoulliho princip v praxi

## Pomůcky

kniha Létací stroje, barevné papíry, nůžky, kancelářské sponky, děrovačka

## Popis – šipka

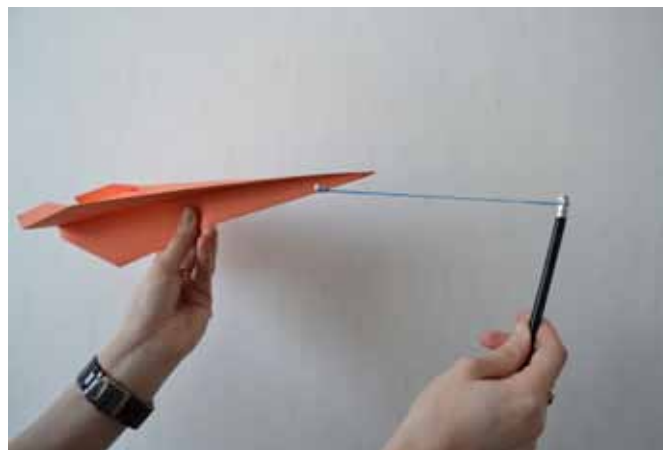
Z připravených papírů A4 sestrojíme podle návodu z interaktivní knížky Šipka (Drsnou Deltu). S postavenou šipkou zkusíme hodit a sledujeme, jak letí. Aby se nám nenakláněla, zahhneme konce špiček křidel (tzv. Winglet) nahoru. Pro vyvážení můžeme i zatížit předek šipky kancelářskou sponkou. Pokud je šipka udělána dobře, letí nám pěkně šikmo dolů.

Na šipce vytvoříme vystřihnutím výškovky a zkusíme, jak na jejich tvar reaguje hozená šipka.

Ověřujeme, kdy zatáčí doleva, kdy doprava, kdy šipka letí nahoru a pak se propadne, kdy letí rychle dolů.

Přemýšlíme, proč tomu tak je?

**Varianta** – procvakněte děrovačkou co nejlíže ke špičce dířku. Tímto otvorem protáhněte gumičku. Šipku pak můžete střílet z prstu, nebo tužky, jako z praku.



## Vysvětlení

Když na šipce výškovky ohneme směrem nahoru, šipka letí nejprve nahoru.



Když ohneme výškovky směrem dolů, šipka začne klesat rychle dolů.

Je to tím, že podél výškovek proudí vzduch a venkovní strana je pro vzduch delší než vnitřní, a tak na venkovní straně vznik-

Poznámky:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ne podtlak, který buď zadní část šipky zvedá (výškovky ohnuté směrem dolů) a pak šipka rychle klesá, anebo zadní část stahuje dolů (výškovky ohnuté směrem nahoru) a pak šipka stoupá, anebo klesá pomalu.

### 1. Pokus – vlaštovka

Z připravených papírů A4 sestojíme podle návodu z interaktivní knížky Vlaštovku (Galaktický kluzák). S postavenou Vlaštovkou zkusíme hodit a sledujeme, jak letí. Pokud je udělána dobře, letí nám pěkně rovně a postupně pomalu klesá. Letí pomaleji než Šipka. Neletí tak daleko, ale udrží se ve vzduchu dlouho.

Na Vlaštovce opět vytvoříme křídélka a zkusíme, jak na jejich tvar reaguje.

Kdy zatáčí doleva, kdy doprava, kdy poskakuje nahoru a pak se propadne, kdy letí rychle dolů.

Dále vytvoříme tzv. Winglet (okraje křídel ohneme nahoru) a sledujeme, jak se projevuje na letu Vlaštovky.

Všechno srovnáváme s letem šipky a snažíme se najít souvislosti.

Přemýšlíme, proč tomu tak je, a pokoušíme se upravit Vlaštovku nebo Šipku tak, aby letěla podle našich představ. Podrobnější podpora je v interaktivní knížce.

## Bernoulliho princip v praxi – vrtule

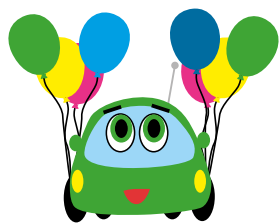
### Pomůcky

knížka Létající stroje

### Pokus – vrtulník

Podle návodu z interaktivní knížky a z dílů z interaktivní knížky sestavíme vrtulník. Přiloženou vzpěru smontujeme s tělem vrtulníku, nasuneme plastový držák vrtule, nasadíme gumičku a ve stanoveném směru otočíme vrtulí tak, aby gumička byla schopna vytvořit vrtulí dostatečnou rychlost a správný směr.

Pak již testujeme, jak vrtulník lítá. Zkoumáme proč, když otočíme vrtulí opačným směrem, tak nám naopak vrtulník neletí.



### Vysvětlení

I vrtule u letadla či vrtulníku, stejně jako křídlo, musí mít takový tvar ve vztahu ke směru letu, aby čelní strana vrtule měla pro vzduch, který kolem ní proudí, delší dráhu než strana zadní. Tak nám vznikne na čelní straně podtlak a na zadní pře-

tlak. Tím vzniká celkový tah v daném směru.

### Pokus – jednomotorový letoun

Podle interaktivní knížky, podle návodu a dílů, které jsou v ní, sestavíme jednomotorový letoun.

Nejdříve si vytáhneme potřebné díly, které jsou v zadní části knížky uloženy. Potom začneme podle návodu sestavovat jednomotorový letoun. S modelem potom zkusíme lety, jak je popsáno na straně 21 interaktivní knížky.

### Měli byste vědět

Kdykoli se zvedne rychlost proudění vzduchu, vznikne v uvedeném místě podtlak, který nasaje okolní předměty. To si můžeme ukázat na jednoduchém příkladu. Představte si místnost, která má otevřené dveře. Pokud jsou zároveň zavřená okna a kolem dveří neproudí vzduch, nic se neděje. Pokud ale v místnosti otevřeme okno a vznikne průvan, dveře se zabouchnou. Je to tím, že mezi dveřmi a futry proudí vzduch rychleji (má relativně omezený prostor, kudy se dostat z místnosti ven, takže se tam jakoby nacpe a tím proudí rychleji), to způsobí vznik podtlaku, který dveře přibouchne.

Křídlo letadla je pak zkonstruované tak, aby na horní straně musel vzduch urazit delší vzdálenost, než na spodní straně. Tím se rychlost vzduchu na horní straně zvýší. Čím je větší rychlost proudění vzduchu v určitém místě, tím větší podtlak na místě vzniká! Na horní straně křídla vznikne podtlak a letadlo je tak jakoby nasáváno směrem vzhůru.

### Detail v Teoretické části.

Letět může tedy také něco, co je těžší než vzduch, pokud to má správný tvar a kolem proudí vzduch!

Křídélka, Winglety, Výškovky, Směrovky ... vše souvisí s prouděním vzduchu kolem. Obtékání a rozdílné rychlosti znamenají podtlak, který nasává letadlo vzhůru anebo mění směr letu. A tak se ve vzduchu udrží i těžké letadlo (600 tun váží např. nejtěžší letoun světa MRIJA a přece letí).

Na co se děti ptají?

Proč nespadne letadlo, které veze hodně lidí anebo těžký náklad? Letadlo má takový tvar, zejména jeho křídla, že když letí rychle a k tomu má silné motory, aby dosáhlo velké rychlosti, tak na křídlech je takový vztlak (síla, která je nadzvedává), že se zvedne celé letadlo.

Proč člověk, který skočí s padákem, padá k zemi pomalu a při dopadu se mu nic nestane?

Padák, který má člověk na zádech, nepustí vzduch přes něj a vzduch musí proudit kolem padáku. Má tak dalekou cestu, musí proudit rychle kolem padáku, a proto nad padákem vzniká podtlak, který zpomaluje padání člověka k zemi.

Proč, když letí vzdušný balón, tak pod ním hoří oheň?

Oheň, který hoří nad košem balónu, slouží k ohřevu vzduchu, který je v balónu. Horký vzduch je lehčí než studený, a tudíž působí jako kouř v komíně. Stoupá nahoru a nese s sebou i celý koš a v něm lidi.

Poznámky:.....



## Detail stavebnice

## DÍLY VE STAVEBNICI

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	140x140x140 MM	PŘÍRODNÍ	4 KS	Kr
	KRYCHLE			


OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	140x280x140 MM	PŘÍRODNÍ	4 KS	Kd
	KVÁDR			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	140x140x140 MM	PŘÍRODNÍ	4 KS	O
	VÝSEČ VÁLCE			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	110x110x114 MM	HNĚDA	1 KS	V
	VÁLEC			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	140x140x164 MM	PŘÍRODNÍ	1 KS	J
	JEHLAN			


OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	PRŮMĚR 140 MM	TEAK	10 KS	Kv
	KOLO VELKÉ			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	PRŮMĚR 70 MM	TEAK	6 KS	Km
	KOLO MALÉ			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	113x170 MM	ZLUTA	1 KS	P
	DĚROVANÁ DESKA			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	56x260 MM	ZLUTA	4 KS	Tm
	LIŠTA 7 OTVORŮ			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	56x400 MM	ZLUTA	2 KS	Tv
	LIŠTA 11 OTVORŮ			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	114x162x150 MM	TEAK	2 KS	S
	T-DÍL			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	50x50x80 MM	PŘÍRODNÍ	8 KS	U
	ÚHELNÍK			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	90x90x79 MM	PŘÍRODNÍ	1 KS	Vo
	HŘÍBEK			

OBRAZEK	ROZMĚR	BARVA	POČET V SADĚ	OZNAČENÍ
	120x120 MM	PŘÍRODNÍ	2 KS	C
	ČTVEREC			

Poznámky:.....





## Pomocí stavebnice můžeme pro pohyb ve vzduchu postavit modely

Letadlo vrtulové  
Letadlo proudové  
Vrtulník  
Raketa  
Družice

### 1. Vrtulové letadlo

viz . Dokumentace Vrtulové letadlo



### 2. Proudové letadlo

viz . Dokumentace Proudové letadlo



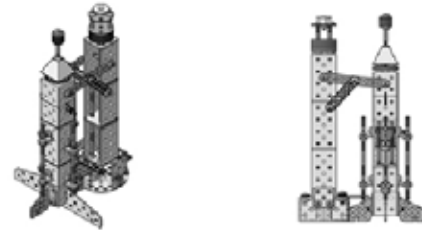
### 3. Vrtulník

viz . Dokumentace Vrtulník



### 4. Raketa

viz . Dokumentace Raketa



### 5. Družice

viz . Dokumentace Družice



## TEORETICKÁ ČÁST

### LET VĚCÍ

Lidé poznávali zásady, kterým dnes říkáme fyzikální zákony přírody. Zajímal je především LET. Věci se ve vzduchu pohybují. Letí buď proto, že vzduch kolem proudí přirozenou cestou (vítr) – umělý drak, anebo je předmět lehčí než stejný objem vzduchu - balón, vzducholod', anebo tvar předmětu a jeho pohyb pomocí motorů vytváří vztlakovou sílu, která je větší než váha předmětu.

### NEWTONOVY ZÁKONY

#### Druhý Newtonův zákon Zákon síly

Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.

$$a = F/m \quad F = m \cdot a$$

Kde  $a$  je zrychlení,  $m$  je hmotnost,  $F$  je síla.

#### Třetí Newtonův zákon

#### Zákon akce a reakce

Jestliže těleso 1 působí silou na těleso 2 (akce), pak také tě-

Poznámky:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

leso 2 působí na těleso 1 stejně velkou silou opačného směru (reakce).

$$F_{12} = -F_{21}$$

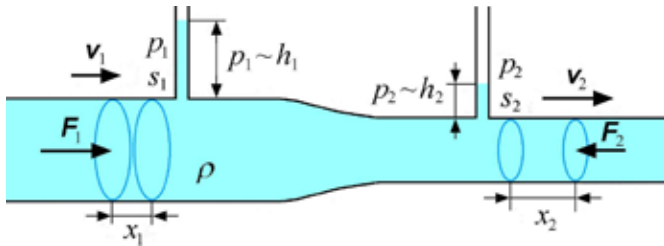
$F_{12}$  je síla, kterou působí těleso 1 na těleso 2,  
 $-F_{21}$  je odpovídající síla, kterou působí těleso 2 na těleso 1.

## BERNOULLIHO PRINCIP

Vyjadřuje vlastnosti proudění kapalin a plynů v různých průměrových profilech.

V širší části potrubí je menší rychlost a větší tlak.

V užší části je větší rychlost proudění a menší tlak.



## LET LETADLA

Letadlo letí, protože má:

Křídla, která vytvářejí vztlakovou sílu (1), jež umožňuje překonat gravitační sílu (3), která působí na letadlo směrem dolů.

Motor- svým tahem (2) dokáže překonat odpor vzduchu (4), který působí na letadlo při jeho pohybu dopředu.



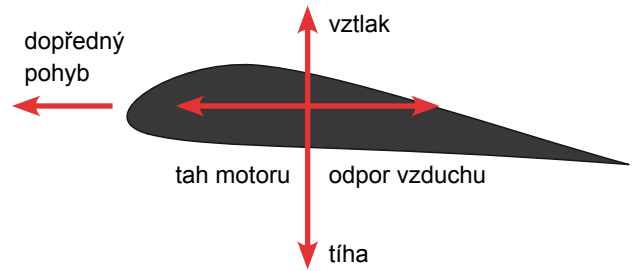
### Křídlo

Křídlo je základní stavební prvek letadla, jehož pomocí se letadlo ve vzduchu udrží. Křídlo bylo vyvíjeno již od samotného počátku letectví, docházelo k napodobování ptačích křídel a postupem času se pro tvary křídla vyvinuly fyzikální modely.

Vztlak, neboli síla působící proti směru gravitační síly a vznikající právě na křídle při proudění vzduchu okolo něj, je tvořen zhruba 2/3 podtlakem na horním povrchu křídla a 1/3 přetlakem na dolním povrchu.

Vztlak a tíha jsou dvě z hlavních opačně orientovaných sil, které působí na letoun.

Další dvě jsou tah – dopředná síla, vytvářená motory – a odpor, způsobovaný vzduchem, v němž se letadlo pohybuje.

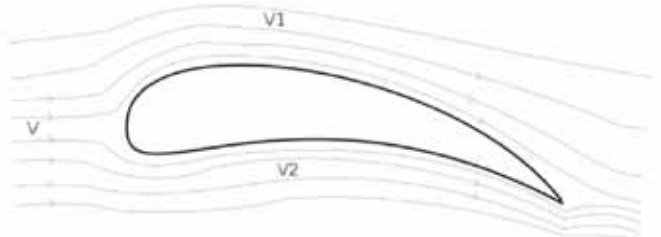


Profil křídla, má aerodynamický tvar, umožňuje letadlu, aby se samo vzneslo od země. Při dopředném pohybu křídlo rozrání vzduch, který proudí nad a pod ním. Protože horní strana profilu je vyklenutá (a tedy delší než spodní), musí se při dané rychlosti letadla vzduch kolem ní pohybovat rychleji než kolem spodní strany.

Podle Bernoulliovy rovnice – tak nad křídlem vzniká sání (podtlak), pod křídlem přetlak. Tento rozdíl tzv. vztlak – se s rostoucí rychlostí zvětšuje a křídlo nadnáší.

Důležité části křídla:

náběžná hrana, odtoková hrana, tětíva, profil křídla, neboli maximální prohnutí.



### Proudění vzduchu

Proudnicí vzduchu za letu jako první potkají náběžnou hranu, která odvádí proudnicí do středu křídla, pokud možno, v laminárním proudění. Proudnicí se rozdělí a proudy potkávají odtokovou hranu (viz obrázek nahoře), která je stavěná vždy proti vytváření vírů, které by zbytečně způsobily ztrátu energie.

Na křídle vzniká dynamický vztlak. To je síla, která nadnáší těleso při pohybu v plynu či kapalině. Vztlak je nezbytně důležitý pro létání – během letu působí na křídlo a letadlo tak udržuje nad zemí ve vzduchu.

Velikost aerodynamické vztlakové síly závisí:

- na obsahu plochy křídla,
- na tvaru křídla,
- na profilu křídla,
- na úhlu alfa křídla vůči pohybujícímu se okolí,

Poznámky:.....







Metodika vznikla v rámci projektu Svět v pohybu CZ.1.07/1.3.00/48.0121.  
Tento projekt je financován z ESF prostřednictvím OPVK a ze státního rozpočtu ČR.

**Autorsky zpracovali:** Ing. Ladislav Glogar

**Manažer projektu:** Mgr. Sylva Štefanišínová

**Jazyková korektura:** Ing. Jaroslava Hanáková

**Odborná korektura:** Ing. Ladislav Glogar

**Ilustrace:** MgA. Radka Křižanová, Repronis s.r.o., Ostrava, Bc. Barbora Hekerová

**Layout a grafická úprava:** Repronis s.r.o., Ostrava

