

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



1



Západočeská univerzita v Plzni
Katedra technologií a měření

13.

Elektrotechnické materiály
KET/ELTM

Ing. Robert Vík, Ph.D.



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

EK 410, rvik@ket.zcu.cz

2

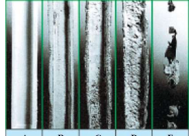
Hodnocení vlivu látek na životní prostředí

Rozdělení organických látek dle rozložitelnosti a toxicity:

- ▶ biologicky rozložitelné netoxické
- ▶ biologicky rozložitelné toxické
- ▶ biologicky nerozložitelné netoxické
- ▶ biologicky nerozložitelné toxické

Stupně biologického rozkladu:

- ▶ primární
- ▶ přijatelný
- ▶ úplný

A	B	C	D	E
Neurotoxic	25%	50%	75%	100%



3

Hodnocení vlivu látek na životní prostředí

Dle místa vstupu je expozice

- ▶ inhalační (vdechováním)
- ▶ perorální (zažívacím traktem)
- ▶ perkutánní (pokožkou)



Látky vnikající do organismu:

- ▶ se chemicky **přeměňují**
- ▶ následně se **vylučují** nebo **trvale usazují**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



4

Hodnocení toxických látek

- **toxická** - vlastnost chemické látky vyvolávat poškození (intoxikaci)
- **DL50** - střední smrtící dávka / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
- **NPK** - nejvyšší přípustná koncentrace / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
- **práh toxického účinku** - biologická změna mimo rozmezí adaptace vnitřního prostředí organismu
- **ČP** - čichový práh
- **PP** - pachový práh



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



5

Rozdělení toxických látek

- rozlišujeme látky s účinky
 - ▶ **všeobecnými** - poškození životních funkcí
 - ▶ **systémovými** - poškození orgánů
 - ▶ **dráždivými** - poleptání pokožky
 - ▶ **dusivými** - blokování krevního barviva
 - ▶ látky **poškozující centrální nervový systém**
 - ▶ látky **poškozující neurovegetativní systém**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



6

Působení magnetických materiálů

Magnety na bázi vzácných zemin a kobaltu

- prach při dlouhodobém působení vyvolává alergie
- na pokožce a sliznicích



Magneticky tvrdé ferity

- ve vlhku uvolňují toxické barnaté soli



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

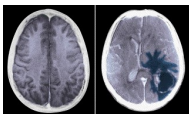


Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

7

Působení neželezných kovů

- **hliník** - jednoznačná škodlivost neprokázána
- **olovo, arzén** - toxické látky
- **nikl, kadmium, chróm** - karcinogeny
- **beryllium** - nejtoxičtější pevná látka s akutním i chronickým rizikem
- **samarium** - alergické reakce na rukou



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

8

Působení ušlechtilých kovů

- masivní výrobky - nezávadné
- aerosoly, prášky - vážné zdravotní komplikace
- **ušlechtilé kovy (zejména platinové)** - alerg
- **stříbro** - argyrie



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

9

Působení těžkých kovů

Těžké kovy (např. Pb, Hg, Cd, As, Co)

- v nízkých koncentracích nezbytné pro životní pochody (např. Zn, Mn, Fe - stopové prvky)
- ve vyšších koncentracích toxické
- narušují nervovou soustavu, ledviny, jsou zdrojem mutací, nádorů



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

10

Působení polovodičů

- monokrystaly sloučenin AIIIBV (GaP, GaAs)
- při roztavení vznik
 - ▶ vysoce toxického bílého fosforu
 - ▶ oxidu arzenitého
 - ▶ arzenovodíku



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

11

Působení směsí plynů pro elektroniku

- - vysoce toxické
- - plyny používané zejména pro dotování v křemíkové technologii



- **Fosfin (PH_3)** - nervový a buněčný jed, poškozuje srdce, játra, ledviny
- **Arzin (AsH_3)** - horečka, selhání nervů
- **Diboran (B_2H_6)** - dráždí pokožku, sliznice, oči, horečka, zánět plic



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

12

Působení plynných izolantů

- **Ozón** - vysoce toxický, specifický pach
- **Vodík** - s kyslíkem resp. vzduchem vznik třaskavé směsi



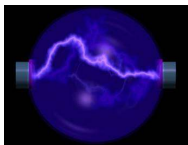
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



13

Působení plynných izolantů

- **Dusík, vzácné plyny, oxid uhličitý**
 - ▶ netoxické, příp. deficit kyslíku (při $O_2 < 16\%$)
- **Fluorid sírový** - při el. oblouku rozklad na toxické produkty
- **Dichlordiflurmetan** - v el. oblouku vznik toxického fosgenu



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



14

Působení kapalných izolantů

- **Minerální oleje** - při úniku ekologická katastrofa
- **Syntetické kapaliny** - PCB ekologická i zdravotní závadnost



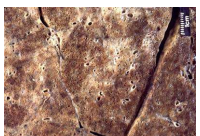
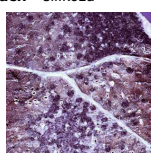
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



15

Působení anorganických pevných izolatů

- Azbest** - azbestóza, karcinogen
- Křemenný prach** - silikóza
- Sklo** - prach do pokožky, trávicí a dýchací soustavy
- Keramika** - prach z beryliové keramiky - vysoká toxicita

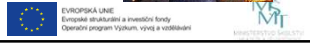




16

Působení organických pevných izolatů

- Hořlavost plastů - souvisí s chemickým složením
- průvodní jevy
 - vysoká teplota
 - odčerpání kyslíku
 - toxické zplodiny
 - uvolňování hořících kapek
 - škodlivé dýmy
- Toxicita - monomery, aditiva





17

Ochrana zdraví a životního prostředí

Směrnice RoHS 2011/65/EU

(The restriction of use of certain Hazardous Substances)

- zákaz použití určených nebezpečných látek v elektrotechnických a elektronických zařízeních nad přípustnou hodnotu
- je určeno pro použití s napětím nepřesahujícím 1 000 V pro stř. proud a 1 500 V pro ss proud

Olovo (Pb)	limit: 0,1 %
Rtuť (Hg)	0,1 %
Šestimocný chrom (Cr ^{VI})	0,1 %
Kadmium (Cd)	0,01 %
Polybromované bifenyly (PBB)	0,1 %
Polybromovaný difenyléter (PBDE)	0,1 %



18

Ochrana zdraví a životního prostředí

Skupiny produktů náležejících do směrnice RoHS

- ▶ zařízení informačních technologií a telekomunikačních zařízení
- ▶ malé domácí spotřebiče
- ▶ hračky, rekreační a sportovní zařízení
- ▶ spotřební elektronika
- ▶ osvětlovací technika
- ▶ elektrická a elektronická zařízení
- ▶ automaty
- ▶ velké domácí spotřebiče

Směrnice RoHS se týká finálních výrobků



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



19

Recyklace

- postup, kterým se dospěje k využití energie a materiálové podstaty výrobku po ukončení jeho životnosti

Základní druhy recyklací

- ▶ **nepřímá** – materiálová
- ▶ **přímá** – výrobová



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



20

Recyklace materiálů

Požadavky na odpadní „surovinu“

- co nejméně znečištění
- snadná transportovatelnost
- malá náročnost technologického zpracování

Recyklovatelné materiály

- ▶ kovy (Fe, Al, Cu), papír, textilie, plasty, sklo,
- ▶ oleje, rozpouštědla,
- ▶ vysloužilé světelné zdroje a součásti el. zařízení,
- ▶ bioodpad, stavební odpad



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



21

Recyklace materiálů

- rozdělení materiálů z hlediska recyklace:
 - vzácné kovy (Au, Ag, Pd, Ta, aj.)
 - nebezpečné pro životní prostředí (Be, As, P)
 - charakter druhotných surovin (kovy, plasty, sklo)
- Přínos recyklací:
 - snížení potřeby těžby nových surovin (železná ruda, bauxit)
 - využití odpadu místo jeho uložení na skládku



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

22

Recyklace plastů

- rozdělení materiálů z hlediska recyklace
 - ▶ vzácné kovy (Au, Ag, Pd, Ta, aj.)
 - ▶ nebezpečné pro životní prostředí (Be, As, P)
 - ▶ charakter druhotných surovin (kovy, plasty, sklo)
- Přínos recyklací
 - ▶ snížení potřeby těžby nových surovin (železná ruda, bauxit)
 - ▶ využití odpadu místo jeho uložení na skládku



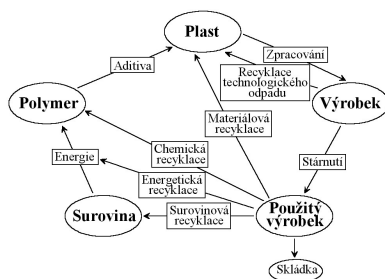
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

23

Recyklace plastů



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

24

Recyklace plastů

Materiálová recyklace

- co nejúčinnější využití surovinového a energetického vkladu
- do prvotního materiálu
- vhodná pro termoplasty

kvalita recyklátu klesá dle charakteru vstupní suroviny:

- typově tříděná
- druhově tříděná
- částečně tříděná
- netříděná



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a inovace



MATERIÁLOVÝ MANAGEMENT
Kvalita, bezpečnost, inovace

25

Recyklace plastů

Recyklace jednodruhového odpadu

- recyklace typově nebo druhově tříděného plastového odpadu
 - drcení, příp. regnanulace
 - kvalita recyklátu blízká prvotnímu platu

PE, PP - regnanulát - na technicky méně náročné výrobky

PS - pěnový - na technické výrobky (zateplování)
- houževnatý - na regnanulát (na technicky méně náročné výrobky)

PVC - asi 50 % na regnanulát - trubky, kabely, podlahoviny, okna, potrubí, podlahoviny
- chemická recyklace - chem. surovina nebo energetické palivo

PET - mechanicky - vložky (na vlákna), termicky - na granulát,
- chemicky - na monomery



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a inovace



MATERIÁLOVÝ MANAGEMENT
Kvalita, bezpečnost, inovace

26

Recyklace plastů

Recyklace směsného odpadu

- technologie „down-cycling“ - míchání směsí v tavenině, vytlačování do formy
- nutnost kompatibilizace, horší vlastnosti - méně kvalitní recyklát

- pro zpracování technologického odpadu
- výroba tlustostěnných výrobků (tyče, desky, profily - na hotové výrobky)
- podmínka: vsázka s tavitelnou složkou (pojivo)
- 65 % PE, příp. do 5 % PVC, PET



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a inovace



MATERIÁLOVÝ MANAGEMENT
Kvalita, bezpečnost, inovace

27

Recyklace plastů

Chemická recyklace

- chemický rozklad polymeru na produkty o podstatně nižší molární hmotnosti příp. na monomerní jednotky
- kvalitní recyklát, ale nutnost chemického provozu a nákladná technologie
- tepelná depolymerace
- solvolýza
- polyetylén etylén



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO MÍSTNOSTÍ

28

Recyklace plastů

Surovinová recyklace

- ze silně znečištěných různorodých plastových složek
- termicky destrukční procesy rozkládající polymerní složky vstupní suroviny na směs plyných a kapalných uhlovodíků
 - ▶ **hydrogenace** - vysokotlaký katalytický proces
 - ▶ **pyrolýza** - nízkotlaký proces, vyšší teplota
- výstupní produkty:
 - ▶ petrochemická surovina, topné oleje
 - ▶ energeticky využitelný plyn a směs kapalných uhlovodíků



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO MÍSTNOSTÍ

29

Recyklace plastů

Energetické využití plastového odpadu

- odpadní plasty, které se nedají transformovat přes klasické recyklační postupy, tzn. jinak nevyužitelný odpad
- plasty spalitelné při teplotách kolem 900 °C – vysoký energetický obsah
- spalování ve speciálních topeništích – zneškodnění látek
- výstup - využití „pouze“ tepelné energie

výhřevnost polymerů

PE 43,3 MJ/kg
PVC 18÷26 MJ/kg
PET 23 MJ/kg

PP 44 MJ/kg
PS 44 MJ/kg
PA 30 MJ/kg

výhřevnost uhlí

hnědé 13,4 MJ/kg
černé 22,5 MJ/kg
koks 27,5 MJ/kg



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO MÍSTNOSTÍ

30

Recyklace v elektronice

Způsoby recyklace

- **repase** - využití dílů likvidovaných zařízení pro další generaci výrobků
- **vlastní recyklace** - využití odpadu jako materiálu pro další zpracování

Recyklační smyčka

- **uzavřená** - využití součástek a materiálů pro výrobu podobných výrobků
- **otevřená** - využití součástek a materiálů v odlišném typu výrobku



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VUT BRNO
VÝZKUMNÝ ÚSTAV
TECHNICKÝCH VÝROBKŮ

31

Recyklace v elektronice

Výrobová recyklace

- mechanické oddělení konstrukčních dílů
- vyjmutí diskretních dílů
- **recyklace finálního výrobku** - opětovné využití výrobku v místech s nižšími nároky
- **recyklace součástek** - využití součástek jako náhradních dílů
- **odpájení elektronických součástek**
 - ▶ výběrové - cennější součástky nebo s nebezpečnými látkami
 - ▶ úplné - odpájení všech součástek + třídění






EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VUT BRNO
VÝZKUMNÝ ÚSTAV
TECHNICKÝCH VÝROBKŮ

32








Západočeská univerzita v Plzni
Katedra materiálů a technologií

Děkuji za pozornost



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI



VUT BRNO
VÝZKUMNÝ ÚSTAV
TECHNICKÝCH VÝROBKŮ

33
