

OBSAH

OBSAH	- 1 -
ÚVOD	- 3 -
1 TEORETICKÁ ČÁST	- 4 -
1.1 EKODESIGN.....	- 4 -
1.1.1 Historie	- 4 -
1.1.2 Hlavní cíle ekodesignu	- 5 -
1.2 SMĚRNICE EUP	- 5 -
1.2.1 Definice.....	- 5 -
1.2.2 Důvod vzniku	- 6 -
1.3 LEGISLATIVA REACH.....	- 7 -
1.3.1 Cíle REACH.....	- 7 -
1.3.2 Registrace	- 8 -
1.3.3 Autorizace.....	- 9 -
1.4 SVHC LÁTKY	- 10 -
1.5 GHS	- 10 -
1.5.1 Zavedení GHS.....	- 12 -
1.5.2 Značení GHS	- 12 -
1.6 METODY ANALÝZY	- 13 -
1.6.1 MET matice	- 13 -
1.6.2 TPI kalkulátor.....	- 15 -
2 PRAKTICKÁ ČÁST	- 18 -
2.1 SPECIFIKACE FLASH DISKŮ	- 18 -
2.1.1 A-Data – hliník	- 18 -
2.1.2 A-Data – guma	- 19 -
2.1.3 KINGSTON - plast.....	- 19 -
2.2 SLOŽENÍ A HLAVNÍ ČÁSTI.....	- 20 -
2.2.1 A-Data – hliník	- 20 -
2.2.2 A-Data – guma	- 21 -
2.2.3 KINGSTON – plast.....	- 23 -

2.3	ANALÝZA A HODNOCENÍ PRVKŮ	- 24 -
2.3.1	<i>Analýza infračervenou spektroskopií</i>	- 24 -
2.3.2	<i>Výsledky analýzy.....</i>	- 25 -
2.4	SOFTWAREVÝ NÁSTROJ PRO HODNOCENÍ	- 28 -
2.4.1	<i>Program PRVKY</i>	- 28 -
2.4.2	<i>Program MODEL.....</i>	- 29 -
2.5	ANALÝZA PODLE TEORETICKÝCH PODKLADŮ	- 31 -
2.5.1	<i>Hodnocení materiálů stanovením TPI.....</i>	- 31 -
2.5.2	<i>Vyhodnocení toxicity obalů</i>	- 35 -
3	ZHODNOCENÍ	- 39 -
3.1	PROBLÉMY PŘI EKOLOGICKÉM NÁVRHU A HODNOCENÍ.....	- 39 -
3.2	DESATERO ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRA	- 40 -
4	ZÁVĚR	- 41 -
5	POUŽITÁ LITERATURA	- 42 -
6	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 43 -
7	SEZNAM TABULEK	- 44 -
8	SEZNAM GRAFŮ	- 44 -
9	SEZNAM ZKRATEK	- 44 -
10	PŘÍLOHY	- 45 -

Úvod

Na okolí a životní prostředí ve kterém žijeme působí lidský faktor už velmi dlouhou dobu. Zpočátku člověk využíval přírodu ke sběru surovin a lovu zvířat. S tím se příroda dokázala v rámci cyklu vyrovnávat a docházelo k přirozenému rovnovážnému stavu. Postupem času ale lidstvo začalo své nároky vůči přírodě stupňovat. Postupně docházelo k vymírání různých druhů organismů. Rozvíjelo se zemědělství a těžba surovin. Zásadní zlom nastal v 18. století v době průmyslové revoluce. Člověk začal těžit suroviny (uhlí, ropu, aj.), začalo se osidlovat velké území a znečišťovat přírodu odpady. Životní prostředí se těmito zásahy hodně změnilo, množství odpadů se začalo zvyšovat a lidstvo zjišťuje, že přírodní zdroje nejsou nevyčerpatelné. Z odpadů dochází k vysokému znečištění ovzduší, pitné vody, potravin, které mají nežádoucí vliv na lidský organismus a příroda už není schopná se sama vyrovnat s těmito zásahy.

V posledních letech se stále častěji mluví o zavedení šetrného přístupu k životnímu prostředí a zmírnění nárůstu odpadů prostřednictvím sledování a kontroly výrobků při jeho výrobě a životním cyklu. Každý výrobek má určitý vliv na životní prostředí od své výroby (např. těžba surovin a produkce materiálů), užívání (např. spotřeba energie) až po likvidaci (např. recyklace). Možností, jak při řešení tohoto problému postupovat je spousta, ne všechny ale mohou být přínosem k omezení dopadu výrobků na životní prostředí. Proto vznikla oblast, která se zabývá ekologickým hodnocením výrobků – „Ecodesign“.



Obr.1: Příklad zásahu člověka a působení na životní prostředí
(Hnědouhelný důl a největší tepelná elektrárna v polském Bełchatowě) [1]

1 Teoretická část

1.1 Ekodesign

Slovo Ekodesign můžeme rozdělit na dvě anglická slova ECO a DESIGN. Slovo Design můžeme z anglického překladu chápat jako navrhovat, plánovat nebo konstruovat. Je to proces, při kterém výrobek vzniká nejenom fyzicky, ale i jako pouhá myšlenka. V počeštěném smyslu slova design „dizajn“ chápeme, že se jedná o vzhled nějakého výrobku. Ve spojení se slovem Eko mluvíme nejen o vzhledu, ale i nižším negativním dopadu výrobku na životní prostředí. Ekodesign lze tedy definovat jako proces navrhování a vývoje výrobku, který klade velký důraz na snižování dopadu na životní prostředí v celém jeho životním cyklu. Nejedná se tedy jen o snižování negativního dopadu u výroby a spotřeby výrobku, ale také se zvažuje způsob likvidace s co nejmenším dopadem na životní prostředí.

1.1.1 Historie

Ekodesign byl zaveden v důsledku neustále se zvyšujícího zájmu o ochranu životního prostředí. Nejúčinnějším způsobem, jak chránit životní prostředí, je hledat příčiny, které jsou důsledkem zhoršování životního prostředí. Likvidací těchto příčin pak snížíme negativní dopad v už samotném počátku výroby. Tato aplikace vedla k zavedení pojmu „čistší produkce“. Postupně začalo docházet k tomu, že čistší produkce do jisté míry pomůže se snižováním negativního dopadu na životní prostředí, ale veliký potenciál je přece jenom už u samotného návrhu výrobku. Orientace na tuto oblast dostala název jako „výrobně orientovaná environmentální politika“, která vedle funkčnosti, vzhledu, ceny, a dalších kladla veliký důraz na minimální negativní dopad na životní prostředí. Vznik ekodesignu můžeme přisuzovat roku 1992, kdy na Hannoverském veletrhu bylo představeno první ekologicky vytvořené otočné křeslo, které skládalo veliký úspěch u ekologů a spotřebitelů. Především bylo oceněno snížení obsahu škodlivých látek, jako jsou lepidla, která se nahradila mechanickými spoji a dále byly použity materiály, které se daly až z 95% recyklovat. Výhodou této židle byly vedle estetického vzhledu a recyklovatelnosti i jednoduchá údržba, jednoduché a rychlé opravy a delší životnost. Díky recyklovatelným dílům se snížily i výrobní náklady a cena. To vedlo ke zvýšení prodeje a zvýšení zájmu o ekodesignové výrobky.

1.1.2 Hlavní cíle ekodesignu

Ekodesign je stále ve vývoji, ale můžeme říct, že jeho hlavními cíly jsou:

- 1. Bezpečnější produkty** – z hlediska zdraví člověka dopadu na životní prostředí.
- 2. Ochrana ovzduší, vody a půdy**
- 3. Udržitelnost přírodních zdrojů**
- 4. Snížování odpadů a zvyšování recyklace** – použití recyklovatelných materiálů
- 5. Užívání energie** – úspora energie a bezpečné energetické zdroje
- 6. Předávání informací** – předávání informací mezi ekodesignéry, pro zlepšování výběru nejvhodnějších materiálů a procesů.

Hlavním cílem ekodesignu je navržení a vytvoření funkčního, bezpečného a kvalitního výrobku s co jak nejnižším dopadem na životní prostředí v celém jeho životním cyklu. Výrobek by měl být vytvořen s maximální úsporou materiálů, vody a energie při jeho výrobě, s minimálním negativním dopadem na životní prostředí při jeho užívání a s minimálním odpadem při jeho likvidaci.

1.2 Směrnice EuP

Jedná se o směrnici Evropské Unie o ekologickém návrhu elektrických spotřebičů a zařízení (EuP – Eco-Design of Energyusing Products). Směrnice vychází z ustanovení Evropského parlamentu a rady 2005/32/ES ze dne 6. července 2005, která stanovila rámec pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů, ze změn směrnic Rady 92/42/EHS Evropského parlamentu, Rady 96/57/ES a Rady 2000/55/ES. Směrnice EuP byla vytvořena 14.7.2007, předložena před Evropský parlament byla 18.7.2007 a její platnost je od 11.8.2007.

1.2.1 Definice

Evropská Unie přijala velké množství předpisů, které kladou na výrobce zboží určité požadavky. Jedná se především o bezpečnost spotřebitelů, ochranu zdraví a života a v posledních letech ve větší míře i o ekologické vlastnosti výrobků. Jsou kladeny požadavky na zvýšení materiálové a energetické účinnosti, snížení spotřeby a znečištění vody, znečištění ovzduší a půdy a také snížení množství odpadů. Každý výrobce sám odpovídá za splnění

požadavků, které mu klade EU a pokud jsou tyto požadavky splněny, tak se výrobek označí symbolem CE. Směrnice se vztahuje na energetické spotřebiče tzn. výrobky, které pro svou funkčnost potřebují energii (vstupem je buď elektrická energie, fosilní paliva nebo obnovitelné zdroje paliva). Dále se vztahuje k výrobkům, které využíváme k přenosu nebo měření této energie, k výrobkům určeným k zabudování do energetického spotřebiče, k výrobkům pro konečné uživatele jako jsou počítače, monitory, mobilní telefony atd.

1.2.2 Důvod vzniku

Hlavním důvodem je optimalizace celého životního cyklu výrobku a posouzení dopadu na životní prostředí ve všech fázích. Tato směrnice se zaměřuje především na produkty s vysokým prodejem a spotřebou, které lze považovat z hlediska odpadů a dopadu na životní prostředí za nejdůležitější.

Životní cyklus výrobku:

- suroviny, výroba
- balení, transport a distribuce
- instalace, údržba
- užívání výrobku
- likvidace, konec prvního cyklu použití, recyklace, opětovné použití

Pro každou z těchto částí životního cyklu musíme vyhodnotit tyto aspekty:

- spotřeba materiálů, energie, vody
- znečištění ovzduší, vody nebo půdy
- zvýšení hluku, vibrací, elektromagnetického pole
- očekávaný nárůst odpadů
- možnost recyklace a náhrada materiálů

Energie je sice jedna z nejdůležitějších aspektů, která je uvedena ve směrnici EuP, ale ke každému aspektu musíme přistupovat stejně důležitě, jako k ostatním. Nemůžeme se soustředit pouze na jeden z těchto aspektů. Výroba musí vytvořit environmentální profil pro jejich produkty pro případ požadované legislativy. Na základě legislativy pak musí přizpůsobit design svých výrobků a redukovat dopad na životní prostředí.

1.3 Legislativa REACH

Jedná se o „novou“ Evropskou chemickou legislativu, která se zaměřuje na chemický průmysl. Poprvé byly zásady legislativy zveřejněny v roce 2001. První návrh nařízení zveřejnila Evropská komise na konci roku 2003. Ke schválení Evropským parlamentem a Radou došlo na konci roku 2006 a výsledný text Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. 12. 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky (sídlo Helsinky, Finsko), o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení Nařízení Rady č. 793/92, Komise (ES) 1488/94, směrnice Rady č. 76/769/EHS a směrnice Komise 91/155/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES byl zveřejněn v Úředním věstníku (Official Journal) dne 30. 12. 2006. V květnu roku 2007 orgány Evropského společenství (ES) zveřejnily opravu chyb a aktuálně platné znění nařízení bylo zveřejněno v Úředním věstníku koncem května 2007 a nabylo účinnosti dne 1. 6. 2007. Legislativa REACH představuje návrh na regulaci a kontrolu výroby, používání chemikálií a náhradu převážné části stávající evropské legislativy o kontrole chemických látek, určování jejich nebezpečnosti, značení, vedení bezpečnostních listů atd. Nahrazuje několik desítek předchozích právních předpisů Evropské Unie.

Zkratka REACH se skládá z prvních pěti písmen anglických slov:

(R)egistration – registrace chemických látek

(E)valuation – hodnocení chemických látek

(A)uthorization – povolování použití látek v přípravcích nebo výrobcích, uváděných na trh

(CH)emicals – chemické látky

1.3.1 Cíle REACH

Cílem legislativy REACH je:

- zavedení jednotného systému registrace nejen pro nové chemické látky, ale také látky zavedené v časovém horizontu 11 let
- přenesení hodnocení rizik chemických látek z vládních institucí na výrobce a dovozce
- stanovení povinností i pro následné uživatele chemických látek poskytovat informace o nebezpečnosti přípravků, respektive výrobků a eventuálně zajišťovat další zkoušení
- zavedení schvalovací procedury povolení pro zvláště nebezpečné chemické látky
- zajištění snadnějšího přístupu veřejnosti k informacím o chemických látkách

1.3.2 Registrace

Registrace se vztahuje na každého, kdo chce vyrábět nebo dovážet látku do Evropské Unie podléhající registraci obsaženou v přípravku nebo ve výrobku (předmětu) v množství 1000 kg/rok a více. Látky obsažené ve výrobcích se registrují, pokud jich je 1000 kg/rok a více a pokud jsou z výrobku v souvislosti s plněním jeho funkce uvolňovány. Dovážené chemické látky registrují dovozci nebo mohou být registrovány prostřednictvím výhradního zástupce. Povinnosti registrovat látky podléhají všechny vyráběné nebo dovážené chemické látky ve smyslu definice Nařízení o registraci chemických látek a chemických přípravků bez ohledu na nebezpečnost. Důvodem pro registraci je fakt, že čím větší množství vyráběné nebo dovážené látky bude, tím větší dopad to bude mít na životní prostředí. Proto se ke každé látce vypracovává dokumentace, která obsahuje množství vyráběné nebo dovážené látky a její rizikový dopad pro životní prostředí a pro člověka.

1.3.2.1 Obsah registrace

Dossier – dokument, který obsahuje informace o registrujícím, látce, její výrobě, použití, vlastnostech, klasifikaci, a dále pokyny pro bezpečné používání a souhrn provedených studií zejména na zvířatech.

CSR (Chemical safety report) – písemnou zprávu o chemické bezpečnosti posuzující nebezpečnost registrované látky při všech identifikovaných způsobech použití.

1.3.2.2 Provedení registrace

Dokumentaci musí registrující výrobce nebo dovozce látky doručit Evropské chemické agentuře a uhradit stanovený poplatek. Agentura registrujícímu přidělí registrační číslo a datum. Během 3 týdnů se prověří formální správnost a úplnost přiložené dokumentace. V případě nedostatků agentura požádá o jejich odstranění. Pokud je vše v pořádku, může se po 3 týdnech po registraci zahájit výroba nebo dovoz látky. Pokud látka neprojde registrací, je výroba nebo dovoz látky zakázán.

1.3.2.3 Předregistrace existujících látek

Od začátku 13. do konce 18. měsíce po vstupu REACH v platnost, tj. červen až listopad 2008, byla povinnost provést předregistraci všech chemických látek a meziproduktů. Oznamovala se identifikace žadatele nebo jeho zástupce, název látky a identifikační číslo a předpokládaná lhůta registrace. Registraci bylo nutno podat do 3 měsíců, jinak nebyla výroba povolena. Agentura do jednoho měsíce musela zveřejnit seznam předregistrovaných látek na internetu. Ke každé předregistrované látce její výrobci a dovozci vytvořili fórum pro výměnu informací „Data Sharing & Substance Information Exchange Forum (SIEF)“. Fórum má usnadnit výměnu informací o vlastnostech látek. Informace o výsledcích zkoušek se sdílejí za úhradu, případně navržený hlavní registrující umožní převzetí jím vypracovaných podkladů pro jednotlivé registrace, jedná-li se o shodné nebo velmi podobné látky.

1.3.3 Autorizace

Mimořádně nebezpečné látky je možné uvádět na trh a používat jen na základě autorizace – povolení. Látky do přílohy navrhuje Evropská chemická agentura a členské státy. O zařazení rozhodne komise ES. Poprvé předloží agentura návrh do 2 let od vstupu REACH v platnost, tj. do 1. 6. 2009. Jedná se o karcinogeny kategorie 1 a 2, mutageny toxické pro reprodukci kategorie 1 a 2, PBT (látky perzistentní, bioakumulativní a toxické), vPvB (látky velmi perzistentní a velmi bioakumulativní) a endokrinní disruptory. Povolení nebude vyžadováno pro použití v pesticidních a biocidních přípravcích, dále pro paliva pro motorová vozidla (benzín, motorová nafta) a paliva pro mobilní a stacionární spalovací zařízení ropných výrobků (topné oleje).

1.4 SVHC látky

V říjnu 2008 byl vytvořen členskými státy EU kandidátský seznam, na který bylo zařazeno 14 SVHC (Substances of Very High Concern) látek – látky vzbuzující velmi silné obavy a 15. látka má být připsána.

Seznam SVHC látek přináší nové povinnosti:

- výrobci a dovozci předmětů obsahující tuto látku jsou povinni na požadavek spotřebitele, v případě obsahu těchto SVHC látek větším jak 0,1% hm., poskytnout dostatek informací umožňujících bezpečné používání předmětu, a to do 45 dní od jeho požadavku. Dále od 1. prosince 2011, musí všichni výrobci nebo dovozci předmětů oznamovat tyto SVHC látky ECHA (Evropské agentuře pro chemikálie), v případě obsahu těchto látek větším jak 0,1% hm. a množství větším jak 1 tuna za rok.
- dodavatelé těchto SVHC látek musí poskytnout svým zákazníkům bezpečnostní list k těmto látkám. V případě přípravků je tato povinnost poskytování bezpečnostního listu aktuální v případě, že obsah této látky v přípravku je vyšší jak 0,1% hm. nebo 0,2% objemu.

1.5 GHS

Zkratka GHS pojednává o Globálně harmonizovaném systému klasifikace a označování chemikálií (GHS). Jedná se o nový systém kvalifikace a značení chemikálií, který stanovila Organizace spojených národů (OSN). Směsi a látky budou označeny nejenom novými větami a symboly na štítcích, ale tyto symboly a věty budou zapsány i v bezpečnostních listech (MSDS). Proti minulému značení R-větami a S-větami bude systém značení mírně změněn hlavně o rozšíření nebezpečných fyzikálních vlastností a nebezpečných vlastností pro zdraví a životní prostředí. Systém značení GHS bude mít i nové symboly značení, které nahradí předešlé, viz obr. 3. Systém GHS mění i pojmy:

- pojem *látka* zůstává zachován
- pojem *přípravek* je nahrazen pojmem *směs*
- pojem *kategorie nebezpečnosti* je nahrazen pojmem *třída nebezpečnosti*



Obr.2: Starý systém značení



Obr.3: Výstražné GHS symboly nebezpečnosti

Význam výstražných symbolů uvedených na obr.3:

- GHS01 – výbušné látky
- GHS02 – hořlavé látky
- GHS03 – oxidační látky
- GHS04 – plyny pod tlakem
- GHS05 – korozivní a žíravé látky
- GHS06 – toxické látky
- GHS07 – dráždivé látky
- GHS08 – látky nebezpečné pro zdraví
- GHS09 – látky nebezpečné pro životní prostředí

1.5.1 Zavedení GHS

Označení GHS nabude platnosti v těchto fázích:

- 1) od 1. prosince 2010 se budou označovat **látky** podle nového systému značení.
V bezpečnostních listech látky (MSDS) bude uveden jak nový tak i starý způsob značení.
- 2) do 1. června 2015 budou mít podniky zodpovědné za značení **směsí** možnost výběru jednoho z těchto dvou způsobů značení. Při výběru nového značení budou v bezpečnostních listech uvádět i staré značení.
- 3) od 1. června 2015 se budou všechny **směsi** označovat podle nového systému značení a staré směrnice přestávají platit

1.5.2 Značení GHS

GHS bude mít v označení látek a směsí povinně tyto části:

- výstražné symboly nebezpečnosti
- signální slova, která označují příslušnou úroveň závažnosti nebezpečnosti:
nebezpečí - signální slovo, označující závažnější kategorie nebezpečnosti
varování - signální slovo, označující méně závažné kategorie nebezpečnosti
- věty o nebezpečnosti - H-věty (dříve R-věty)
- pokyny pro bezpečné zacházení - P-věty (dříve S-věty)
- označení výrobku a informace o dodavateli

1.6 Metody analýzy

Existuje mnoho různých metod, jakými se dá vyhodnocovat dopad výrobku na životní prostředí. Pro přesné vyhodnocení musíme znát veškeré informace o výrobku a to nejenom o materiálech, ale také o energii, toxicitě a spotřebě vody. Většinou o výrobku neznáme veškeré informace, proto musíme pracovat pouze se získanými informacemi.

1.6.1 MET matice

Je to jeden z nástrojů pro analýzu výrobku v celém jeho životním cyklu. Matice obsahuje všechny fáze životního cyklu výrobku (v tabulce vertikálně) a různé vlivy na životní prostředí (v tabulce horizontálně). Matice je rozdělena na tři hlavní oblasti: Materiály, Energie a Toxické emise. Životní cyklus výrobku je rozdělen do pěti fází: výroba a dodávka materiálů a dílů, tovární výroba a montáž, distribuce, používání výrobku (včetně provozu a servisu) a konec životního cyklu. Distribuce je uvedena v matici pouze jednou a obsahuje všechny fáze distribuce v celém životním cyklu výrobku.

Tab.1: Znázornění MET matice

	Vstupy		Výstupy
	M – materiály	E – energie	T – toxicita
Výroba a dodávky materiálů a dílů 	Suroviny Potřebné materiály	Spotřeba energie při těžbě surovin	Toxické odpady vzniklé při těžbě
Tovární výroba a montáž 	Další materiály pro kompletní montáž	Spotřeba energie při výrobě	Toxické odpady Nepoužitelné odpady
Distribuce 	Balení a doprava	Spotřeba energie při balení a dopravě	Odpady při balení Emise
Používání výrobku 	Spotřeba pomocných materiálů (np. Vody)	Spotřeba energie při užívání	Odpad výměnných částí
Konec životního cyklu – likvidace nebo recyklace 	Využití materiálů při likvidaci nebo recyklaci	Spotřeba energie při likvidaci nebo recyklaci	Toxický odpad Recyklace

1.6.1.1 Využití MET matice

MET matici využíváme jako nástroj pro analýzu vlivu výrobku na životní prostředí v každé jeho části životního cyklu. Tento nástroj nám může pomoci odhalit oblasti, ve kterých by se mohly výrobky ještě z environmentálního hlediska vylepšit. MET matici využijeme u prvotního návrhu výrobku, kdy můžeme docela přesně zjistit materiálovou, energetickou a toxickou náročnost námi navrhovaného výrobku ještě před jeho samotnou výrobou. Každá fáze se v MET matici vyhodnocuje samostatně. Všechny tyto části jsou následně při návrhu výrobku vyhodnocovány a porovnávají se různé parametry s ostatními pro získání optimální varianty výrobku – funkčnost, cena, vzhled, velikost atd. Tímto nástrojem můžeme také analyzovat již vyrobené produkty.

1.6.1.2 Použití MET matice

- 1) Musíme přesně definovat, co patří do systému. Také je velmi důležité, aby jsme se zaměřili nejen na výrobek, ale také na výrobky a spotřební zboží, které jsou nezbytné pro jeho správnou funkčnost a jeho celkovou životnost.
- 2) Musíme provést analýzu, jak výrobek splní potřeby, pro které je určen. Může výrobek splnit stejnou potřebu účinnějším a efektivnějším způsobem?
- 3) Provedeme funkční analýzy pomocí MET matice. Zhodnotíme funkčnost výrobku, jeho slabé a silné aspekty, skutečnou životnost výrobku a jeho spotřebu energie.
- 4) Vyplníme MET matici:

Materiály

Tento sloupec by měl obsahovat údaje o použití materiálů, které nejsou obnovitelné nebo vytváří emise během výroby (např. Cu, Pb, Zn), nemísitelné materiály a materiály, které se nedají opětovně využít.

Energie

Tento sloupec by měl obsahovat spotřebu energie ve všech fázích životního cyklu. Měl by zahrnovat spotřebu energie pro samotný výrobek, dopravu, provoz, údržbu a likvidaci nebo recyklaci.

Toxicita

Tento sloupec by měl obsahovat toxické emise do půdy, vody a vzduchu ve všech fázích životního cyklu.

1.6.2 TPI kalkulátor

Jedná se o jednoduchý softwarový nástroj vytvořený institutem Fraunhofer, který je volně dostupný na jejich internetových stránkách. Tento program slouží pro výpočet toxicity látek podle udávaných hodnot. Hodnoty potřebné pro výpočet TPI pro konkrétní látku jsou uvedeny v bezpečnostních listech (MSDS). Po zadání vstupních hodnot do programu se vypočítá výsledná hodnota toxicity TPI/mg, podle které můžeme dále stanovit, zda je látka toxická vůči životnímu prostředí. Hodnoty TPI se pohybují v rozmezí 0-100 TPI/mg. Hodnota 0 znamená žádný rizikový potenciál, hodnota 100 nejvyšší rizikový potenciál.

The screenshot shows the 'IZM/EE-Toolbox: TPI-Calculator' window. At the top, the 'Result:' field displays '0,0000 TPI/mg'. Below this is a table with three columns: 'Value' and 'Scaled Value'. The rows are labeled 'MAK', 'WGK', and 'R-Phrases', all with dashes in the 'Value' column and dashes in the 'Scaled Value' column.

On the left, there is a section for 'R-Phrases' with a list box containing 'R-Phrase' and several empty rows. To the right of this list are two icons: a plus sign and a minus sign, and a search icon.

Below the 'R-Phrases' section, there are three main input areas:

- WGK: (German) Water Hazard Classes**: A dropdown menu showing '0 : non-hazardous to waters'.
- EU Carcinogenicity**: A dropdown menu showing '0 : without classification'.
- MAK (Max. Perm. Conc.)** and **TRC (Techn. Ref. Conc.)**: Two input fields, both showing '0,000000 mg/m3'.

At the bottom, there are three buttons: 'Calculate TPI' (with a lightbulb icon), 'Reset TPI' (with a reset icon), and 'Close' (with a red X icon).

The footer of the window displays the copyright information: '© 2000, 2002 Fraunhofer IZM'.

Obr.4: Program pro výpočet TPI

Vstupní hodnoty pro výpočet TPI:

MAK (Maximal Admissible Concentration)

MAK je nejvyšší přípustná koncentrace látky na pracovišti ve formě plynu nebo páry, která nezhoršuje zdravotní stav pracovníků a vlivem této látky nedochází ke zdravotním potížím a to ani při opakované a dlouhodobé expozici obvykle během 8 hodin denně při týdenní pracovní době až 45 hodin.

WGK (Water Hazard Classes)

Udává stupeň rizika k vodě pro pevné, kapalné a plynné látky, které jsou schopny změnit fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti vody. Klasifikace látek znečišťujících vodu se dělí do 4 kategorií (v závorce hodnota příspěvku na TPI):

Třída 3: látky silně znečišťující vodu

Třída 2: látky znečišťující vodu

Třída 1: látky slabě znečišťující vodu

Třída 0: látky, které obecně nemají vliv na znečištění vody

Posouzení toho, zda znečišťující potenciál je založen na specifické vlastnosti látek:

- toxicita pro savce
- toxicita pro vodní prostředí, pro ryby, delfíny, řasy a bakterie
- biologická rozložitelnost (hydrolýza, fotolýza, oxidace atd.)
- biologické účinky
- karcinogenní účinky
- mutagenní účinky
- teratogenní účinky

TRC (Technical Guidance Concentration)

Udává orientační koncentraci

EU (Carcinogenity)

Udává hodnotu karcinogenity (rakovino-tvornosti). Klasifikace karcinogenity je obsažena ve směrnici Evropské Unie o nebezpečných látkách. Skládá se ze tří kategorií:

Kategorie 1: Látky, o kterých víme, že jsou karcinogenní pro člověka.

Kategorie 2: Látky, které by měly být považovány jako karcinogenní pro člověka.

Kategorie 3: Látky, které vyvolávají obavy u člověka vzhledem k možným karcinogenním účinkům, ale u kterých dostupné informace nejsou dostatečné pro hodnocení.

R – Phrases

V překladu do češtiny R-věty. Soubor vět, které klasifikují nebezpečí látek vůči svému okolí. Tyto věty klasifikují látku z hlediska toxicity pro člověka, hořlavosti, výbušnosti a jiných. Seznam R-vět je uveden v příloze.

2 Praktická část

Výsledkem praktické části mé práce je vytvoření jednoduchého programu pro ekologické hodnocení a optimalizaci elektrotechnických výrobků. Pro výsledné hodnocení a ověření programu jsem si vybral porovnání tří flash disků stejné kapacity dat (2GB), ale různé konstrukce. První flashdisk je v „hliníkovém“ pouzdře, druhý v „gumovém“ pouzdře a třetí v „plastovém“ pouzdře. Tyto flash disky jsou sériově vyráběny a jsou v dnešní době běžně používány širokou veřejností.

2.1 Specifikace flash disků

2.1.1 A-Data – hliník



Obr.5: Flash disk A-Data MyFlash PD4 2GB - hliníkový

- Název: A-Data MyFlash PD4 2GB USB 2.0 flashdisk - hliníkové provedení
- Výrobce: A-Data
- Krycí materiál: hliník
- Kapacita paměti: 2GB
- Paměťové rozhraní: USB 2.0
- Šířka: 17,5 mm
- Výška: 8 mm
- Délka: 57 mm
- Hmotnost: 15 g

2.1.2 A-Data – guma



Obr.6: Flash disk A-Data 2GB RB1/JOGR - gumový

- Název: A-Data 2GB RB1/JOGR pen drive USB 2.0 rubber disk
- Výrobce: A-Data
- Krycí materiál: guma
- Kapacita paměti: 2GB
- Paměťové rozhraní: USB 2.0
- Šířka: 25 mm
- Výška: 13 mm
- Délka: 70 mm
- Váha: 18 g

2.1.3 KINGSTON - plast



Obr.7: Flash disk KINGSTON Data Traveler 2GB - plastový

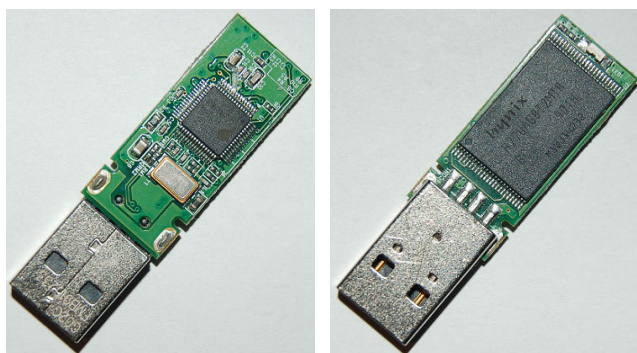
- Název: KINGSTON Data Traveler 100 2GB USB 2.0 High Speed
- Výrobce: Kingston
- Krycí materiál: plast
- Kapacita paměti: 2GB
- Paměťové rozhraní: USB 2.0
- Šířka: 28 mm
- Hloubka: 10 mm
- Délka: 60 mm
- 12 g

2.2 Složení a hlavní části

2.2.1 A-Data – hliník



Obr.8: A-Data - Hliníkový obal



Obr.9: A-Data - DPS – Top a Bottom

a) Mechanická část

1. Hliníkové pouzdro
2. Hliníková krytka
3. Kovový řetízek

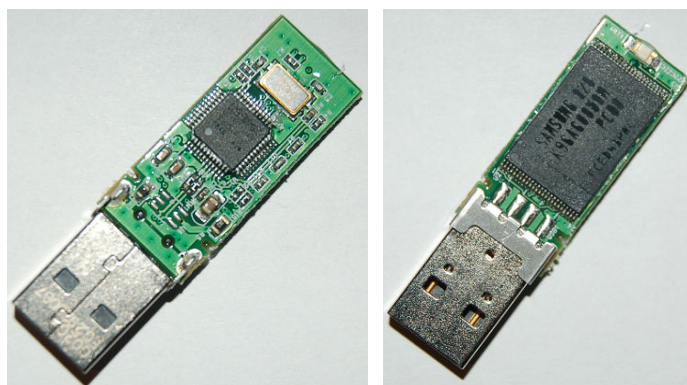
b) Elektronická část

1. Deska plošného spoje FR4
2. SMD IO U1 – PL 2528
3. SMD IO U2 – Hynix H27UAG8T2MTR
4. SMD odpory 10x
5. SMD kondenzátory 11x
6. SMD cívka L1
7. SMD krystal Y1 – 12kHz
8. SMD LED dioda LED1
9. USB konektor

2.2.2 A-Data – guma



Obr.10: A-Data JOGR - DPS – Gumové pouzdro



Obr.11: A-Data JOGR - DPS – Top a Bottom

a) Mechanická část

1. Gumové pouzdro
2. Gumová krytka

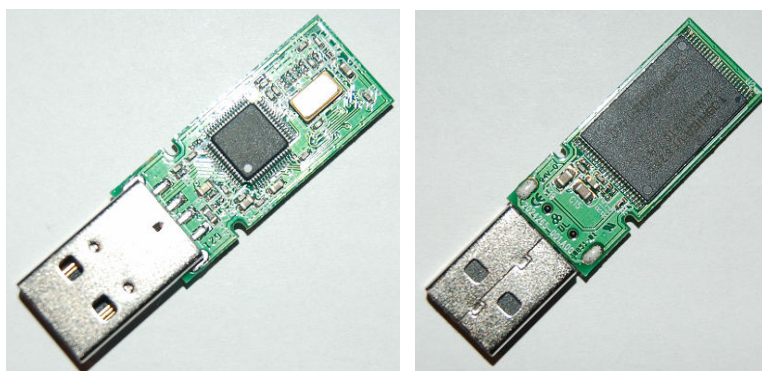
b) Elektronická část

1. Deska plošného spoje FR4
2. SMD IO U1 – USBes UT 63XL04
3. SMD IO U2 – SAMSUNG K94AG08U0M
4. SMD odpory 11x
5. SMD kondenzátory 7x
6. SMD krystal Y1 – 12kHz
7. SMD cívka L1
8. SMD LED dioda LED1
9. USB konektor

2.2.3 KINGSTON – plast



Obr.12: Kingston – Plastové pouzdro



Obr.13: Kingston - DPS – Top a Bottom

a) Mechanická část

1. Plastové pouzdro
2. Plastový vnitřní díl

b) Elektronická část

1. Deska plošného spoje FR4
2. SMD IO U1 – PHISON PS2233BA-E
3. SMD IO U2 – TOSHIBA VF6255
4. SMD odpory 9x
5. SMD kondenzátory 22x
6. SMD krystal Y1 – 12kHz
7. SMD LED dioda D1
8. USB konektor

2.3 Analýza a hodnocení prvků

Abychom byli schopni správně vyhodnotit toxicitu výrobků, musíme znát jejich přesné složení a obsah prvků. Každý výrobek je složen z mnoha částí a dílů, ať už jsou to slitiny kovů nebo směsi různých prvků, barviv atd. Zjistit přesné složení už vyrobeného výrobku není jednoduché, proto by bylo nejlepší, aby všichni výrobci dokládali přesné složení materiálů a procentuální obsazení prvků, aby bylo jednodušší další vyhodnocování. Možností, jak zjistit složení je více, analýza infračervenou spektroskopií, termogravimetrickou analýzou (TGA), podle teoretických podkladů, atd...

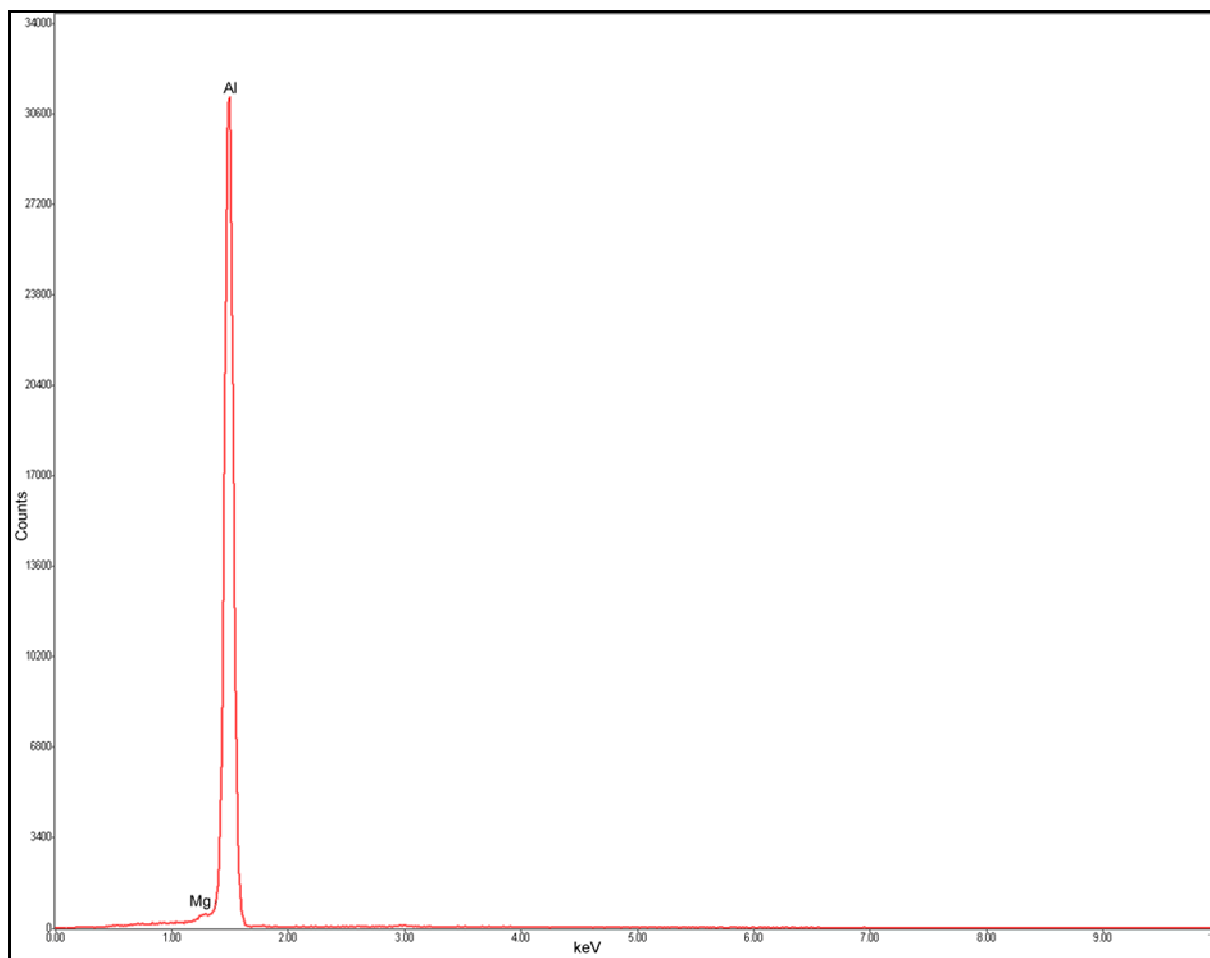
2.3.1 Analýza infračervenou spektroskopií

Pro analýzu obalů flash disků jsem použil infračervenou spektroskopii. Infračervená spektroskopie je analytická technika určená pro strukturní charakterizaci organických a anorganických látek. Měří se pohlcení IR záření o různé vlnové délce analyzovaným materiálem. IR zářením je elektromagnetické záření vlnových délek 0,78 – 1000 mm, to odpovídá vlnovým 12800 – 10 cm^{-1} . Nejpoužívanější oblastí je střední oblast s rozsahem vlnových 4000 - 500 cm^{-1} .

Tato metoda je založena na absorpci infračerveného záření při průchodu vzorkem. Výstupem je IR spektrum, které je grafickým zobrazením funkční závislosti energie, většinou vyjádřené v procentech transmitance nebo jednotkách absorbance na vlnové délce dopadajícího záření. Transmitance (propustnost) je definována jako poměr intenzity světla, které prošlo měřeným vzorkem k intenzitě záření vycházejícího ze zdroje. Absorbance udává, jak mnoho světla bylo pohlceno měřeným vzorkem. Pro identifikaci funkčních skupin (např. -OH, C=O, N-H, CH₃ aj.) se používají absorpční pásy v intervalu 4000 – 1500 cm^{-1} . Neznámou látku pak identifikujeme pomocí spektra a pomocí různých programů a digitalizovaných knihoven.

2.3.2 Výsledky analýzy

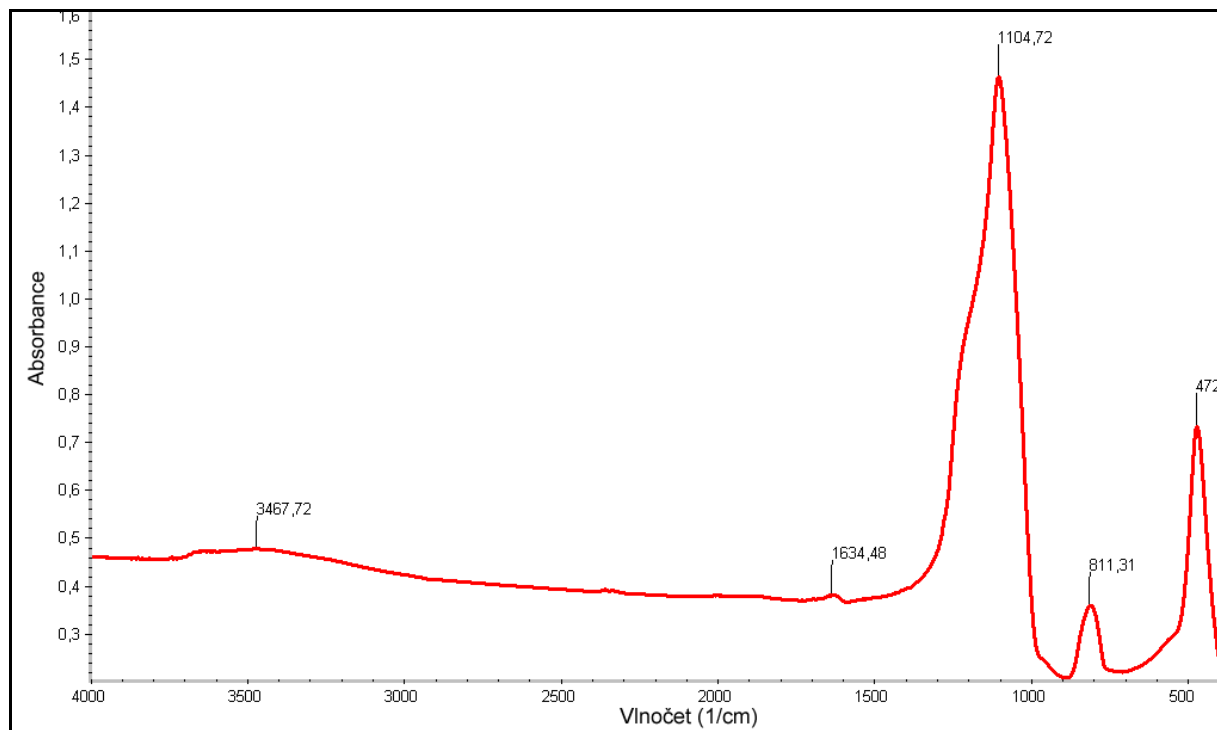
2.3.2.1 A-Data – hliník



Obr.14: Spektrum složení hliníkového flash disku

Z obr.14 je patrné, že po změření složení hliníkového flash disku jsou přítomny pouze dva prvky, a to z 98,9% je Al (hliník) a z 1,1% Mg (hořčík). Z největší pravděpodobností se jedná o slitinu s označením dle DIN EN 573-3 jako EN AW-AlMg1(B) (AW 5005).

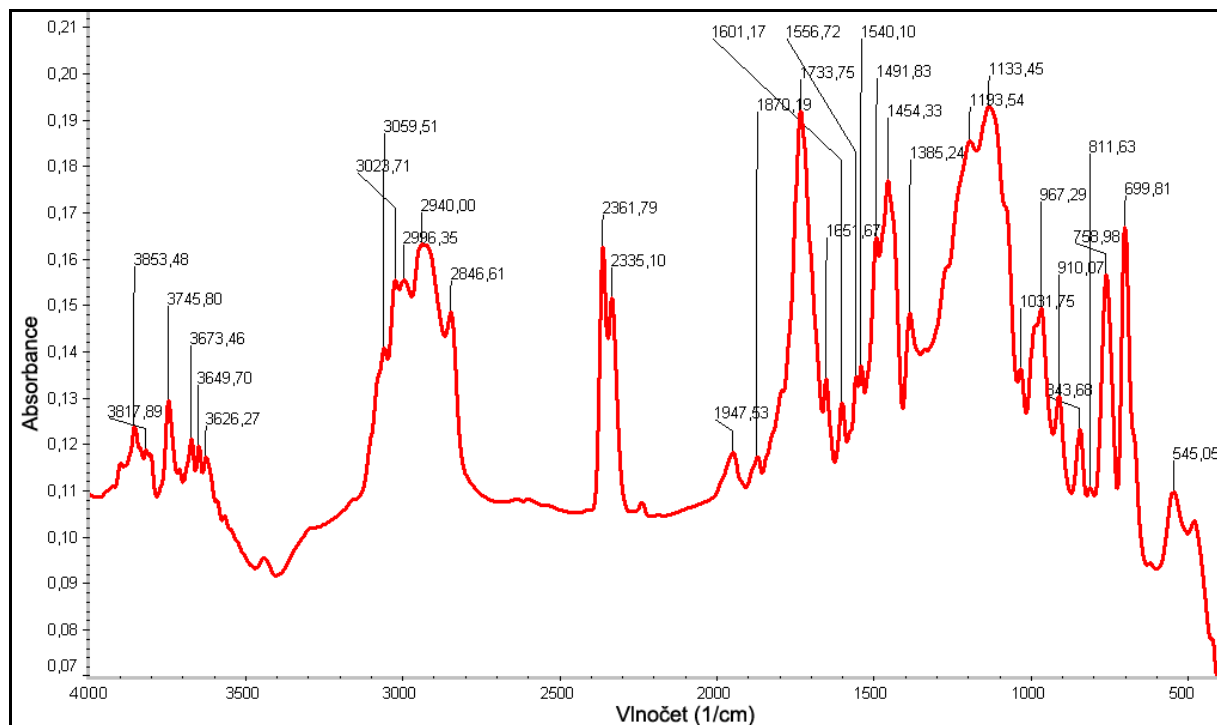
2.3.2.2 A-Data – guma



Obr.15: IR spektrum gumového obalu flash disku

Při měření IR spektra „gumového“ obalu flash jsem zjistil, že plnivem je silika (pravděpodobně pyrogenní), tedy SiO_2 dle IR spektra. Na obr.15 vlnocet 3467,72 a 1634,48 odpovídá volným hydroxilovým skupinám OH, 1104,72 spolu s 811,31 a 472 odpovídá vazbě Si-O-Si a to valenční symetrické vibraci, valenční nesymetrické vibraci a defirmační vibraci, dle pořadí. V IR spektru nebyly zaznamenány zbytky po uhlovodíkových skupinách. Po výluhu, např. v tetrahydrofuranu, se z materiálu uvolnila pouze silika, vazby zesíťovaného polymeru nebyly narušeny. S určitostí lze pouze říci, že se jedná o nějaký typ kaučuku. Nemělo by se jednat o styren-butadienový kaučuk (SBR) ani akrylo-nitril-butadienový kaučuk, protože ten by se měl projevit při pokojové teplotě a vyšší na DSC (diferenční kompenzační kalorimetrii). Složení se nejvíce jeví jako polydimethylsiloxan (PDMS). Polydimethylsiloxan patří do skupiny organokřemičitých sloučenin označovaných jako silikony.

2.3.2.3 KINGSTON – plast



Obr.16: IR spektrum plastového obalu flash disku

Při měření IR spektra „plastového“ obalu flash je z obr.16 patrné, že spektrum je složitější než spektrum polydimethylsiloxanu (PDMS), takže popíšeme pouze hlavní píky tohoto spektra. Vlnocety 2846, 2940, 1385, 1454 a 759 náležejí skupinám CH₃ a CH₂. Silný dvoupík náleží CO₂ (ten neuvažujeme, nepatří vzorku samému). Píky 3023, 3059, 2996, 1601, 759 a 700 patří aromatickému kruhu, tedy benzenovému jádru. Dá se předpokládat, že se jedná o barvivo. Pík 1733 patří karbonylové skupině C=O, široký pík 1133 patří esterové vazbě CO. Jedná se o amorfni materiál, buď polystyren (PS), ale spíše se můžeme přiklonit k polymethylmethakrylátu (PMMA).

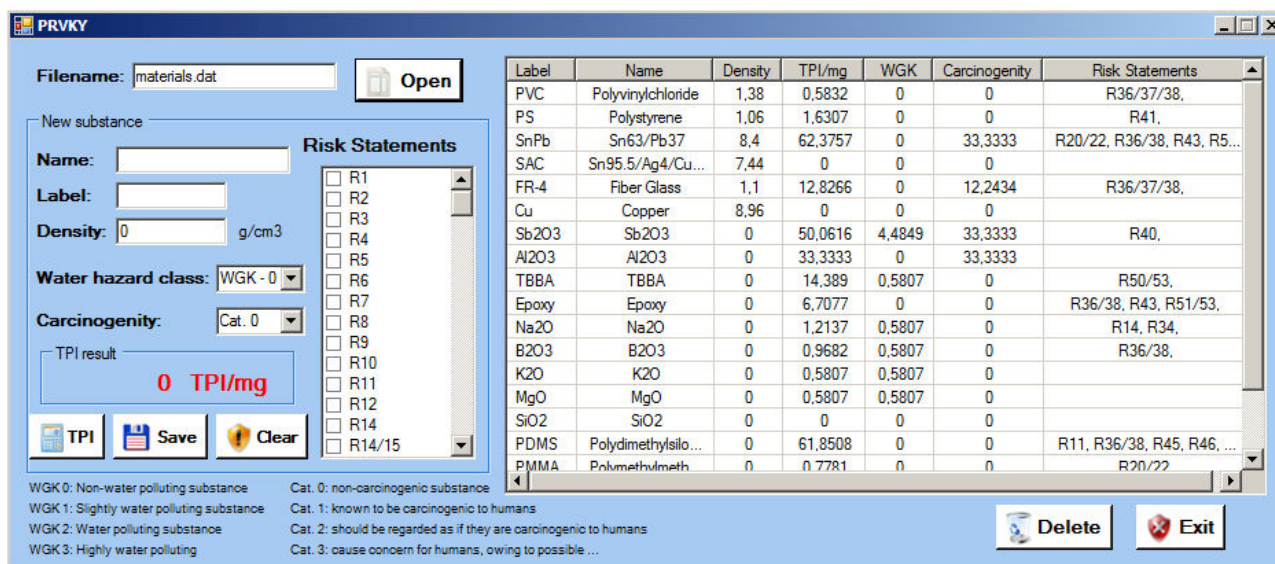
PMMA je syntetický polymer, s vlastností termoplastu. Výchozí surovinou pro výrobu je aceton, který se syntetizuje na acetonkyanhydrin. Ten se dále přeměňuje pomocí kyseliny sírové na methakrylamid sulfát. Ten reaguje dále s methanolem a polymerací vzniká PMMA.

2.4 Softwarový nástroj pro hodnocení

Vytvořil jsem jednoduchý softwarový nástroj pro zadávání látek do souboru a výpočet poměrné toxicity TPI/mg (program PRVKY) a program na výpočet celkové toxicity TPI materiálu a optimalizaci výrobku (program MODEL).

2.4.1 Program PRVKY

V tomto programu pracujeme s jednotlivými prvky. Hodnoty potřebné pro výpočet TPI/mg pro konkrétní látku jsou R-věty, klasifikace znečištění vodních zdrojů (WGK) a karcinogenita, které jsou dostupné v bezpečnostních listech látek (MSDS). Uživatelské rozhraní je rozděleno na dvě části a to část pro vkládání vstupních parametrů prvků a část zobrazení tabulky ze souboru uložených prvků. Tento program se liší od programu TPI kalkulátor především ve výsledné hodnotě TPI/mg. Pro svůj program jsem nepoužil výslednou standardizaci hodnot WGK, karcinogenity a R-vět, nýbrž tyto hodnoty k sobě přičítám. Každá hodnota vloženého prvku se tedy nepohybuje v rozpětí hodnot od 0 do 100 TPI/mg, ale do libovolně velikého čísla podle vložených parametrů prvku. Použití tohoto výpočtu se mi jeví jako lepší, protože výsledná hodnota TPI ukáže větší rizikovitost prvku.



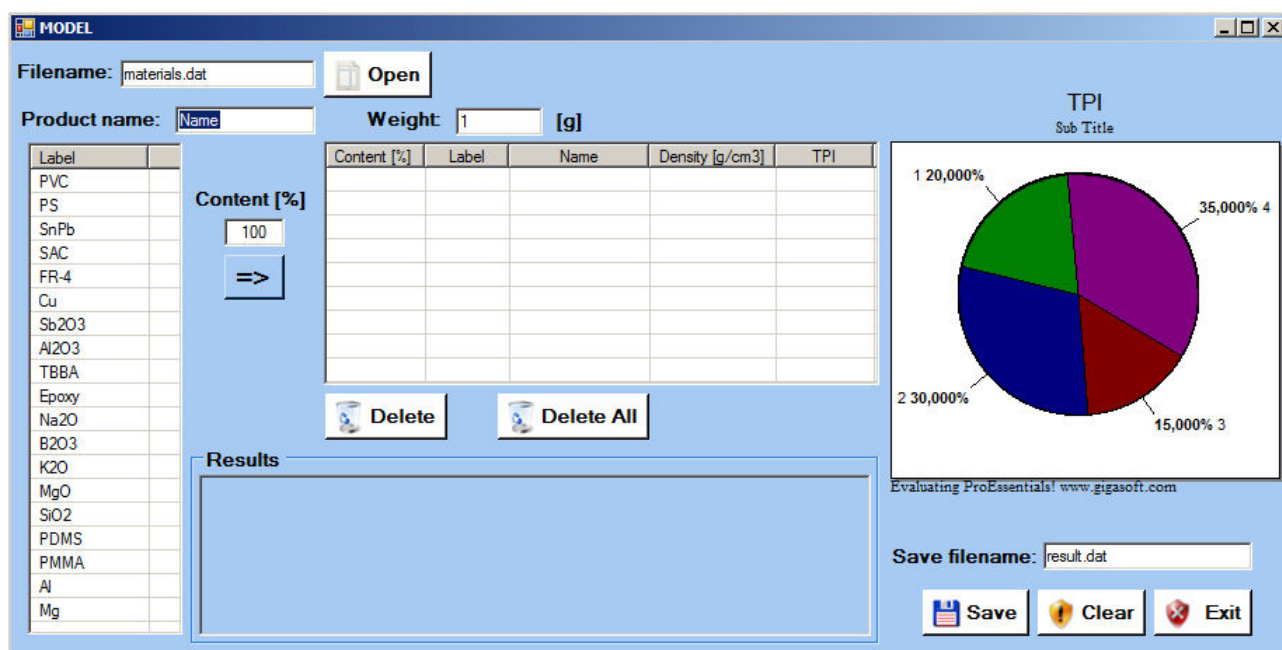
Obr.17: Náhled programu PRVKY

Uživatelské rozhraní programu PRVKY

Uživatelské rozhraní programu PRVKY je opticky rozděleno na dvě části a to na část vkládání názvu a parametrů prvku a na část zobrazení souboru tabulky prvků. Prvním krokem je zadání názvu souboru, se kterým chceme pracovat. Standardní název souboru je materials.dat. Tlačítko OPEN slouží pro načtení souboru. Standardně se otevře soubor materials.dat. Do kolonek NAME, LABEL a DENSITY vkládáme Název prvku, zkratku prvku a hustotu prvku. Další částí je výběr parametru WGK, Carcinogenity a R-vět. Po vyplnění těchto částí můžeme prvek uložit do souboru tlačítkem SAVE nebo pouze vypočítat hodnotu TPI/mg tlačítkem TPI. Pro vyčištění kolonek a výběrů slouží tlačítko CLEAR. V pravé části programu je zobrazena tabulka s prvky uloženými standardně v souboru materials.dat nebo v námi vybraném souboru. Pro smazání prvku z tabulky a souboru označíme tento prvek myší a zmáčkneme tlačítko DELETE. Pro ukončení programu slouží tlačítko EXIT.

2.4.2 Program MODEL

V tomto programu modelujeme výsledný výrobek, kdy známe jeho hmotnost a procentuální zastoupení prvků v materiálu. Po vložení všech materiálů program vypočítá celkovou toxicitu TPI a graficky zobrazí zastoupení jednotlivých prvků v materiálu. V grafu můžeme vidět, který prvek má největší hodnotu TPI a můžeme ho nahradit jiným prvkem. Můžeme tedy postupně tento materiál optimalizovat použitím jiných prvků s nižším zastoupením TPI. Graf, který jsem použil pro svůj program je od firmy Gigasoft (www.gigasoft.com) a je nutné nainstalovat lite verzi programu PE7-Lite-Setup.exe. [11]



Obr.18: Náhled programu MODEL

Uživatelské rozhraní programu MODEL

Uživatelské rozhraní programu MODEL je rozděleno na čtyři části. V horní části programu zvolíme soubor pro načtení prvků. Standardně je nastaven na materials.dat. Dále zvolíme název materiálu a jeho celkovou hmotnost. V levé části programu je tabulka načtených prvků ze souboru materials.dat. V prostřední části je tabulka námi vybraných prvků s procentuálním zastoupením v materiálu. V pravé části je graficky znázorněno zastoupení TPI v materiálu a vypočteno celkové TPI.

Po zadání názvu a hmotnosti materiálu označíme prvek z levé tabulky a zadáme procentuální obsah. Pro vložení prvku použijeme tlačítko =>. Po vložení prvku do prostřední tabulky se v pátém sloupci vypočítá konkrétní hodnota TPI daného prvku. Prvky vybíráme tak dlouho, dokud není 100% obsazení celého materiálu. Pokud máme obsazeno 100% materiálu jedním nebo více prvky, automaticky se vypočítá celková hodnota TPI a zobrazí se konkrétní hodnoty prvků.

Takto zobrazený materiál můžeme dále optimalizovat, například odebráním prvku s největší hodnotou TPI pomocí tlačítka DELETE a nahrazením jiným prvkem z levé tabulky. Pro vymazání tabulky materiálu slouží tlačítko DELETE ALL. Tlačítkem CLEAR smažeme tabulku materiálu, graf i výsledky výpočtu. Tlačítkem EXIT zavřeme program.

2.5 Analýza podle teoretických podkladů

Tato metoda se používá u výrobků, u kterých nemůžeme přesně zjistit obsah prvků. Pro tuto metodu používáme informace z dostupných materiálových listů a pro daný výrobek pak sestavujeme obsazenost jednotlivých prvků. Tato analýza je zaměřena na rozbor DPS. V prvním kroku jsem si zvážil hmotnost neosazené DPS. Hmotnost všech DPS byla 1,8g. Dále jsem stanovil, že deska plošného spoje všech tří flash disků je z materiálu FR-4. Pro tento typ materiálu jsou jeho složky uvedeny v tab.2. Jedná se zejména o skelnou a epoxidovou složku, které jsou dále rozepsány na procentuální a hmotnostní podíl jednotlivých prvků. Z těchto hodnot byla následně vypočítána hmotnostní část daného prvku v materiálu.

Tab.2: Obsah prvků DPS sestavený podle teoretických předpokladů [2]

Složka	Hmotnost [mg]	Obsažené prvky	% část	Hmotnostní část [mg]
Sklenná složka (56%)	672	SiO ₂	54,2	364,2
		K ₂ O	17,3	116,3
		Al ₂ O ₃	15,2	102,1
		B ₂ O ₃	8	53,8
		MgO	4,7	31,6
		Na ₂ O	0,6	4
Epoxidová složka (44%)	528	Pryskyřice	69,1	364,8
		TBBA	30,9	163,2
		Sb ₂ O ₃	0,03	-> 0
		Plnidlo	-> 0	-> 0

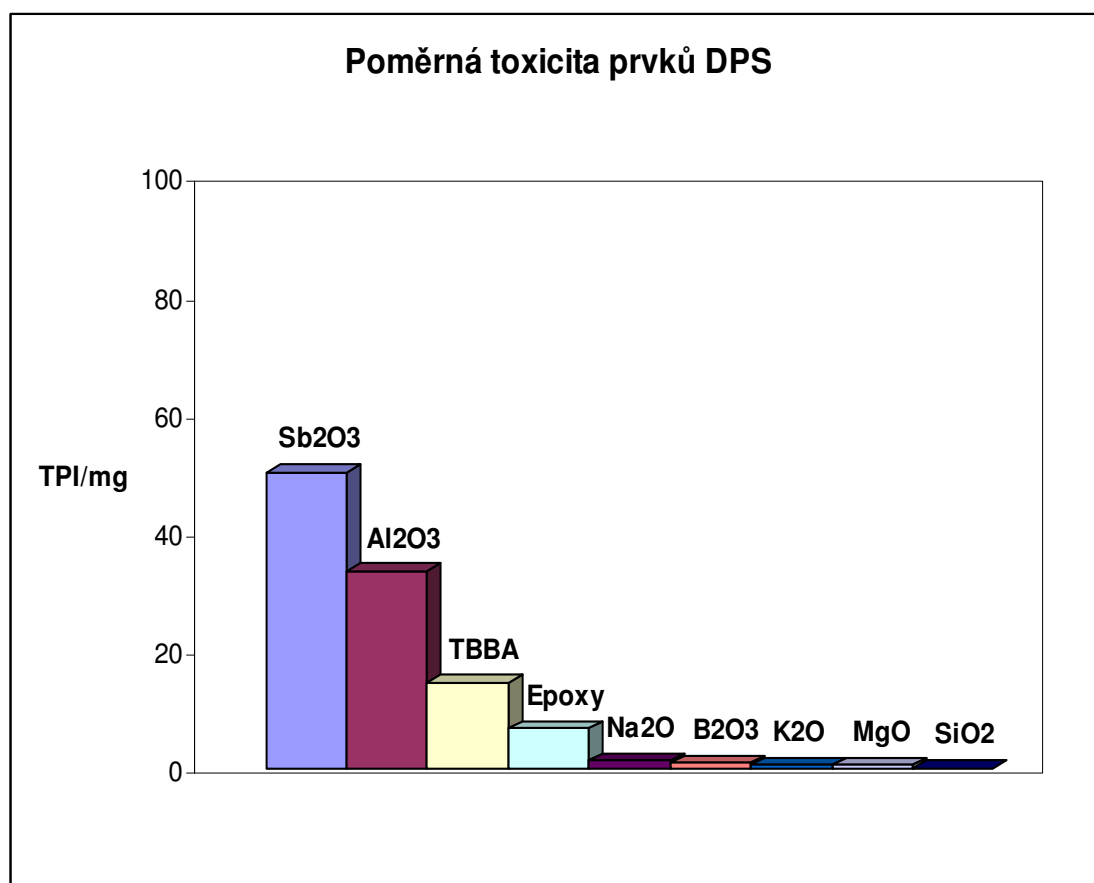
2.5.1 Hodnocení materiálů stanovením TPI

Pro stanovení hodnoty TPI/mg daného materiálu jsem použil program PRVKY. Hodnotu TPI/mg jsem určoval pro tři typy obalů flash disků a pro desku plošného spoje. Hodnoty WGK, R-věty a karcinogenity byly vyhledány v materiálových bezpečnostních listech. Z těchto hodnot následně byly vypočítány hodnoty TPI/mg, které jsou uvedeny v tab.3. Jelikož jsou všechny DPS stejně veliké a těžké, nemůžeme je mezi sebou srovnávat, protože mají stejné hodnoty TPI/mg.

Tab.3: Hodnoty TPI/mg obsažených prvků v FR-4 [2]

Značka	WGK	Karcinogenita	R-věty	TPI/mg
Sb ₂ O ₃	2	2	R40	50,06
Al ₂ O ₃	-	2	-	33,33
TBBA	1	-	R50/53	14,39
Epoxy	-	-	R36/38, R43, R51/53	6,71
Na ₂ O	1	-	R14, R34	1,21
B ₂ O ₃	1	-	R36/38	0,97
K ₂ O	1	-	-	0,58
MgO	1	-	-	0,58
SiO ₂	-	-	-	0

Z tab.3 je zřejmé, že největší TPI/mg má Sb₂O₃, dále pak Al₂O₃ a TBBA. Tyto hodnoty ale nezobrazují celkové zastoupení v materiálu, ale pouze obecnou hodnotu toxicity. Tyto hodnoty jsem vynesl do grafu 1 pro obecné znázornění hodnot TPI/mg.



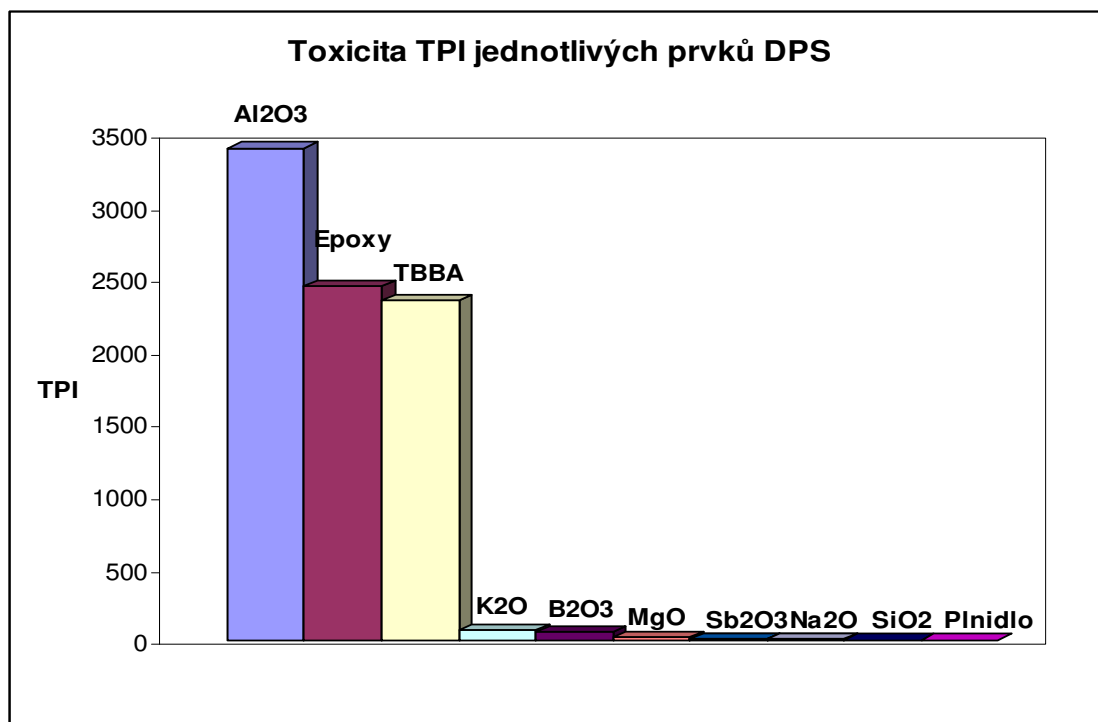
Graf.1: Obecné znázornění hodnot TPI/mg prvků v FR-4

Pro správné vyhodnocení toxicity TPI v FR-4 desce plošného spoje musíme uvažovat nejen procentuální obsazení prvků, ale znát taky jejich hmotnostní podíl. Jelikož víme celkovou hmotnost DPS, tak jsme schopní vypočítat hmotnostní zastoupení každého prvku. V tab.4 je uvedeno vyhodnocení toxicity TPI podle hmotnostního podílu zastoupení jednotlivých prvků v DPS.

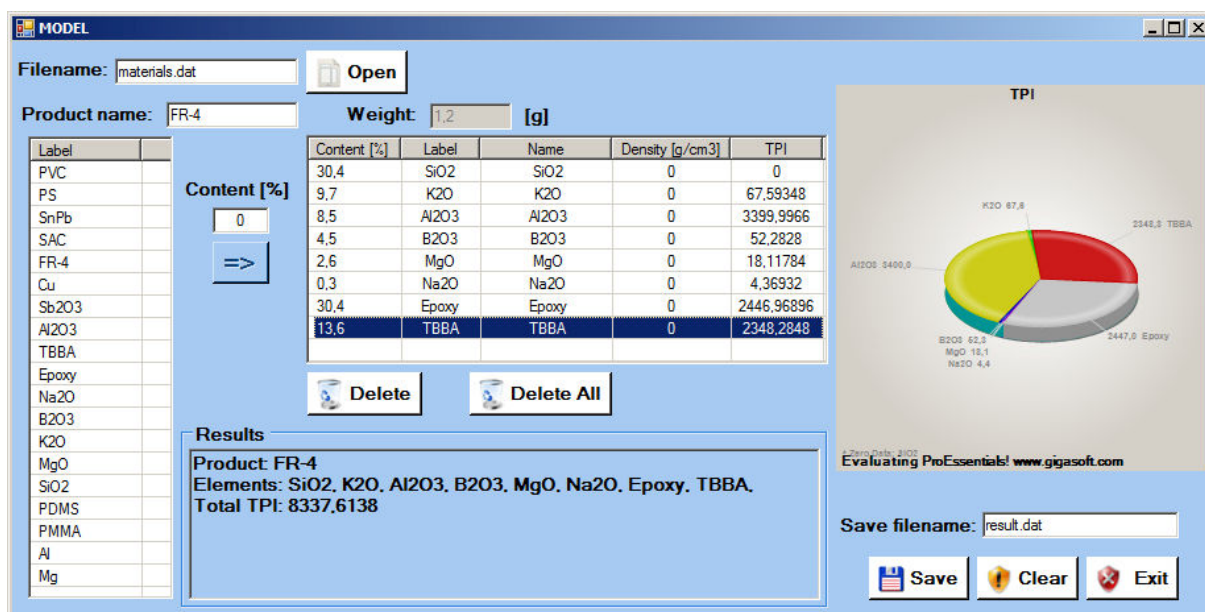
Tab.4: Stanovení toxicity TPI jednotlivých prvků v FR-4

Složka	Hmotnost [mg]	Prvky	% zastoupení ve složce	% zastoupení v DPS	Hmotnostní část [mg]	TPI/mg	TPI
Skelná složka (56%)	672	SiO2	54,2	30,4	364,2	0	0
		K2O	17,3	9,7	116,3	0,58	67,45
		Al2O3	15,2	8,5	102,1	33,33	3402,99
		B2O3	8	4,5	53,8	0,97	52,19
		MgO	4,7	2,6	31,6	0,58	18,33
		Na2O	0,6	0,3	4	1,21	4,84
Epoxidová složka (44%)	528	Epoxý	69,1	30,4	364,8	6,71	2447,81
		TBBA	30,9	13,6	163,2	14,39	2348,45
		Sb2O3	0,03	-> 0	-> 0	50,06	7,93
		Plnidlo	-> 0	-> 0	-> 0	-> 0	0
Celková toxicita							8350

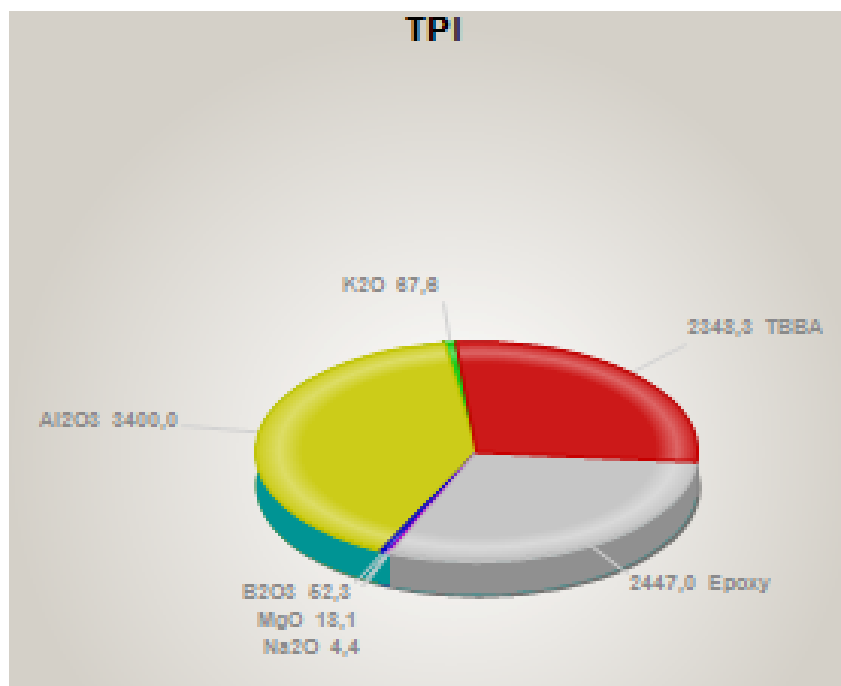
Z tab.4 je patrné, že největší hodnotu TPI má Al₂O₃, dále pak Epoxý a TBBA. Když tyto hodnoty porovnáme s hodnotami z tab.3, tak vidíme, že prvek Sb₂O₃ s nejvyšší hodnotou TPI/mg nemá téměř žádný vliv na celkovou toxicitu, protože v materiálu je jenom nepatrně zastoupen. Druhou nejvyšší hodnotu TPI/mg má Al₂O₃, tento prvek je nejvíce zastoupen v FR-4 a má nejvyšší toxicitu 3402,99 TPI.



Graf.2: Toxicita TPI jednotlivých prvků v FR-4



Obr.17: Vyhodnocení toxicity prvků v programu MODEL



Graf.3: Graf toxicity TPI jednotlivých prvků FR-4 v programu MODEL

Při porovnání velikosti celkové toxicity z tab.4, kde je její hodnota 8350 TPI s hodnotou celkové toxicity z programu MODEL, kde je 8337,6138 TPI vidíme, že tyto hodnoty se mírně od sebe odlišují. Není to chyba programu, ale je to způsobeno zaokrouhlením při ručním výpočtu TPI.

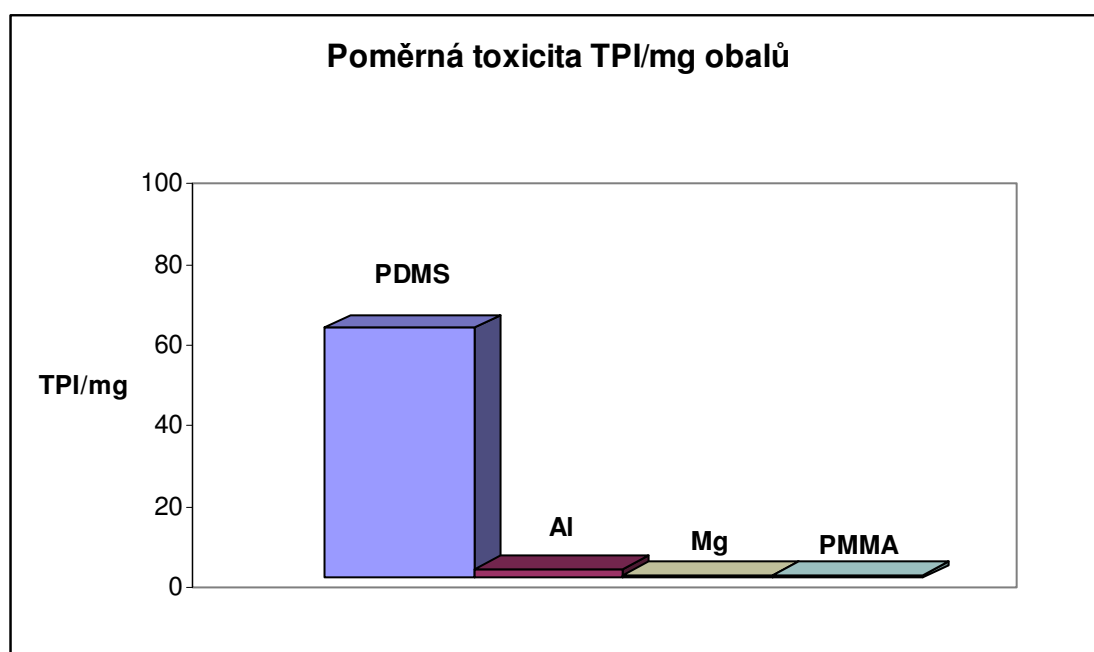
2.5.2 Vyhodnocení toxicity obalů

Jako samostatnou částí je vyhodnocení a porovnání obalů flash disků. Z analýzy obalu víme, že „hliníkový“ obal není z čistého hliníku, ale jedná se o slitinu 98,9 % Al a 1,1 % Mg. Jelikož jsem nenašel nikde na internetu materiálový bezpečnostní list (MSDS) pro slitinu materiálu AW5005, pro hodnocení jsem použil MSDS zvláště hliníku Al a zvláště hořčíku Mg.

Pro materiály Polydimethylsiloxane PDMS a Polymethylmethacrylate PMMA jsem materiálové bezpečnostní listy našel na webových stránkách Chemicalbook. Parametry pro jednotlivé materiály jsou uvedeny v tab.5.

Tab.5: Materiálové parametry obalů flash disků

Značka	Název	WGK	Karcinogenita	R-věty	TPI/mg
Al	Hliník	-	-	R15, R17	2,21
Mg	Hořčík	-	-	R11, R15	0,78
PMMA	Poly(methyl methacrylate)	-	-	R20/22	0,78
PDMS	Poly(dimethylsiloxane)	-	-	R11, R36/38, R45, R46, R48/23/24/25, R65	61,85

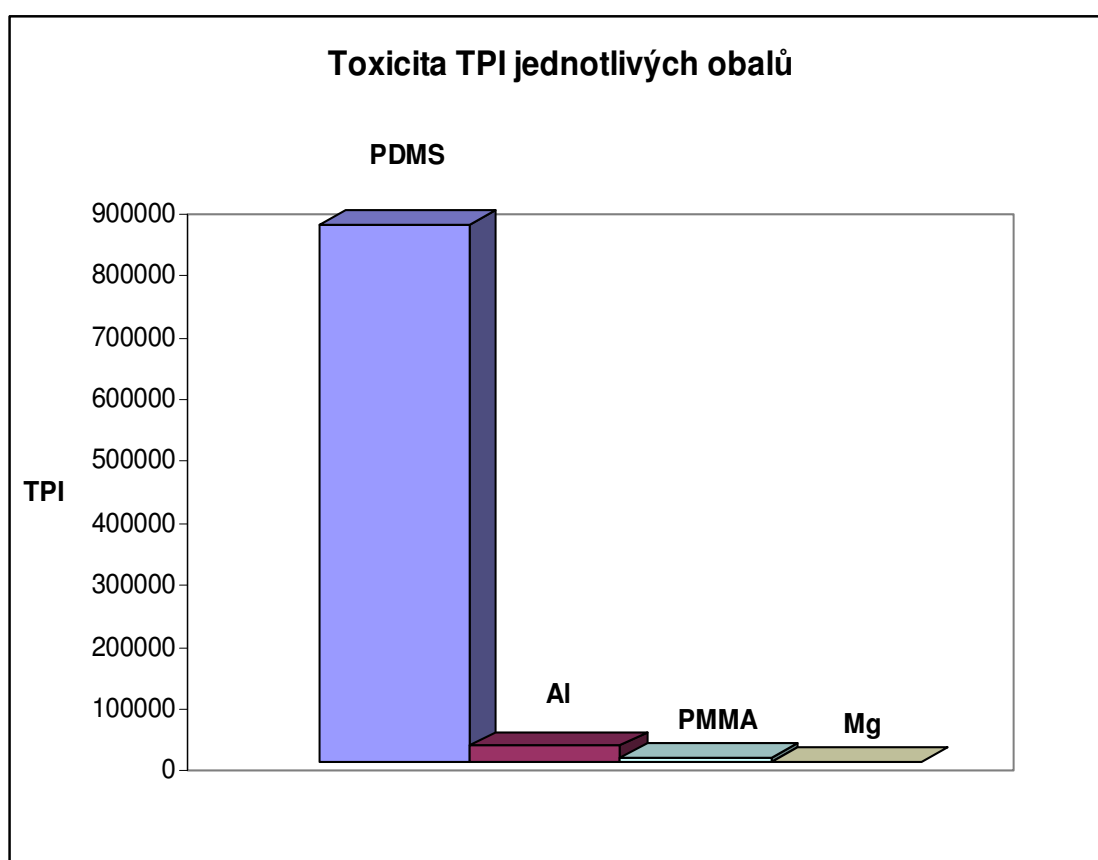


Graf.4: Obecné znázornění hodnot TPI/mg prvků u obalů flash disků

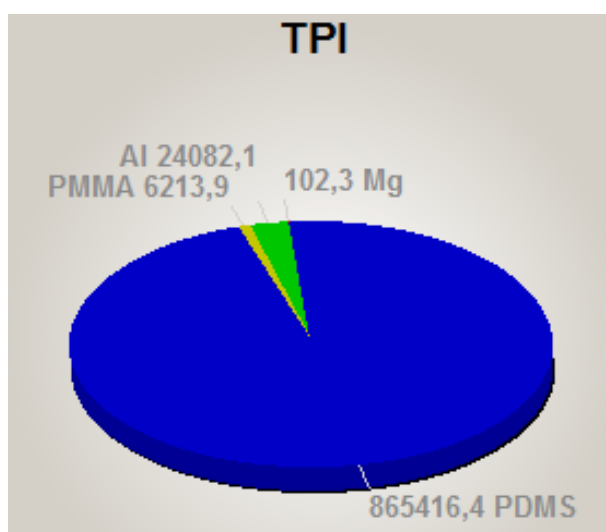
Z grafu.4 je zřejmé, že největší TPI/mg má látka polydimethylsiloxan PDMS. Následující hodnoty poměrné toxicity jsou vzhledem k PDMS zanedbatelné. Pro tyto látky vypočítáme celkovou toxicitu TPI.

Tab.6: Stanovení toxicity TPI jednotlivých obalů

Obal	Hmotnost [g]	Prvky	% zastoupení	Hmotnostní část [g]	TPI/mg	TPI
PDMS	14	-	100	14	61,85	865900
PMMA	8	-	100	8	0,78	6240
PS	14	-	100	14	1,63	22820
PVC	14	-	100	14	0,58	8120
AW 5005	11	Al	98,9	10,88	2,21	24044
		Mg	1,1	0,12	0,78	94,38



Graf.5: Toxicita TPI jednotlivých obalů flash disků



Graf.6: Srovnání toxicity TPI obalů flash disků v programu MODEL

Z grafu 5 a 6 vidíme, že po vypočtení hodnoty celkové toxicity TPI pro každý obal z jeho hmotnosti a procentuálního zastoupení, má největší hodnotu toxicity látka polydimethylsiloxan PDMS a to 865900 TPI. To je o řád výše, než celková toxicita slitiny AW 5005, která má 24138 TPI a polymethylmethacrylátu PMMA, který má nejnižší hodnotu toxicity a to 6240 TPI. Jelikož nejhorší toxicitu má PDMS, tento materiál můžeme vyměnit za jiný s nižší toxicitou, například polystyren PS, který má celkovou toxicitu při stejné hmotnosti jako PDMS 22820 TPI nebo polyvinylchlorid PVC, který má hodnotu toxicity 8120 TPI.

3 Zhodnocení

3.1 *Problémy při ekologickém návrhu a hodnocení*

Jako student, který se s ekodesignem setkal poprvé, jsem neměl žádné informace o ekodesignu. Tak začala dlouhá pouť hledání a získávání informací. V prvním kroku jsem se zaměřil na legislativu a směrnice EU. Dostupnost informací v této části byla jednoduchá. Informace se dají získat na různých jak českých tak i zahraničních internetových stránkách. Největší problém ale nastal po materiálové analýze prvků, kdy k získaným výsledkům obsahu prvků jsem k těmto prvkům potřeboval najít hodnoty WGK, karcinogenity a R-věty. Prohledával jsem různé internetové stránky a hledal materiálové bezpečnostní listy, ale sehnat tyto listy pro některé látky bylo téměř nemožné. Na mnoha serverech byla nutná registrace, a i po zaregistrování jsem nenašel informace, které jsem hledal. Když už nějaký MSDS jsem vyhledal, neobsahoval všechny potřebné informace o látce. Co mě celkem udivilo bylo, že různí výrobci stejné látky nebo materiálu uvádějí rozdílné informace o tomto materiálu.

Zde vidíme, že i po zavedení nových směrnic ještě nedošlo k celkovému sjednocení dokumentace každé látky, a že je špatná dostupnost informací o látkách pro širokou veřejnost. Hodně by pomohlo, kdyby byla vytvořena jedna databáze materiálových bezpečnostních listů, bezpečnostní listy by obsahovaly všechny důležité informace a tato databáze by byla volně přístupná veřejnosti.

Dalším z problémů, se kterým jsem se setkal je, že není nikde uvedeno, kolik se spotřebuje energie, vody a dalších materiálů při výrobě látky. Prozatím tyto informace nejsou nikde dostupné, ale jedná se o jedny z nejdůležitějších informací, abychom byli schopni navrhnout a vytvořit ekologicky šetrný výrobek.

Vytvořením sjednocené, volně přístupné databáze s důležitými informacemi o spotřebě materiálů, energie a vody při výrobě látky a s bezpečnostními informacemi o látce, by bylo nesmírně důležitým krokem kupředu, který by pomohl ekologickému návrhu výrobku nejenom u velikých korporací jako je například (Nokia, Motorola, Renault, Toyota a jiné), které vesměs v dnešní době environmentální politiku už uplatňují, ale hlavně u firem, které z environmentální politikou podniku teprve začínají.

3.2 Desatero environmentálního inženýra

V průběhu řešení této práce jsem dospěl ke konkretizaci náplně environmentálního inženýra v obecném přístupu k jeho činnosti v podniku. Mezi jeho deset nejdůležitějších pravidel jsem zahrnul tyto:

- 1) Mít chuť zlepšit životní prostředí – bez tohoto faktoru nikdy nemůže být úspěšný
- 2) Snižovat spotřebu vody a neznečišťovat vodní zdroje a v celé fázi životního cyklu výrobku
- 3) Snižovat spotřebu energie v celé fázi životního cyklu výrobku
- 4) Snižovat spotřebu a těžbu materiálů
- 5) Aplikovat Ekodesign do navrhovaných a inovovaných výrobků a zefektivnit výrobu
- 6) Zajistit bezpečnost výrobku
- 7) Využívat obnovitelné zdroje
- 8) Využívat recyklovatelné materiály
- 9) Snižovat odpady a vyvarovat se použití toxických materiálů
- 10) Zpřístupnit důležité informace – aby i ostatní environmentální inženýři mohli dále zlepšovat ekologicky šetrné výrobky

4 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření nástroje pro hodnocení a optimalizaci elektrotechnického výrobku. Vytvořil jsem program PRVKY, pro vytvoření souboru s prvky, se kterými dále můžeme pracovat a program MODEL. Ten slouží jako nástroj pro modelování materiálu na základně procentuálního zastoupení prvků. Tento program po vložení všech prvků daného materiálu vypočítá celkovou toxicitu TPI a graficky zobrazí toxicitu jednotlivých prvků. Pro ověření nástroje jsem použil tři flash disky s různými obaly, které jsou běžně dostupné a používané širokou veřejností. Jednalo se o flash disky firmy A-Data, jejichž obal byl v hliníkovém a silikonovém provedení a dále pak firmy Kingston, jehož obal byl v plastovém provedení. Pro porovnání těchto flash disků bylo dostačující analyzovat pouze obaly, protože deska plošného spoje FR-4 a osazené součástky byly totožné u všech tří flash disků. Obaly zůstaly analyzovány na Fakultě Chemické VUT v Brně. Výsledkem analýzy bylo grafické zobrazení spektra závislosti absorpance na jednotlivých vlnótech. V grafech na obrázku 14 a 15 je vidět výskyt jednotlivých sloučenin a řetězců podle zobrazených píků na určitých vlnových délkách, ze kterých je možné určit typ materiálu, o který se jedná, ale není možné určit konkrétní složení zastoupených prvků. Tato metoda analýzy požaduje vysokou kvalitu chemické analýzy. Ze získaných údajů jsem stanovil, že plastový obal je vytvořen z polymethylmethacrylátu (PMMA), který známe jako plexisklo a gumový obal byl vytvořen z polydimethylsiloxanu (PDMS), který známe jako silikonový kaučuk. Je více druhů sloučenin silikonových kaučuků, proto jsem si pro hodnocení vybral jeden typ z materiálových bezpečnostních listů. Hliníkový obal byl složen ze slitiny AlMg v zastoupení Al 98,9 % a Mg 1,1%. Grafické znázornění analýzy je na obrázku 13. Jedná se o slitinu podle norem EN AW5005. K této slitině nebyl uveden materiálový bezpečnostní list, proto jsem pro hodnocení použil MSDS každého prvků zvlášť. Z materiálových bezpečnostních listů jsem vyhledal informace o R-větách, WGK a karcinogenitě. Hodnocení toxicity jsem podrobil i desku plošného spoje z materiálu FR-4. Jelikož deska nebyla na chemické analýze, pro hodnocení jsem použil teoretické podklady složení FR-4. Všechny tyto informace o materiálech jsem vložil do programu PRVKY a tím vytvořil malou databázi prvků. V programu MODEL jsem dále tyto materiály obalů flash disků mezi sebou porovnal z hlediska výsledné celkové hodnoty toxicity TPI a vypočítal celkovou hodnotu toxicity pro FR-4 desku. Pro všechny hodnocení byly vytvořeny tabulky a grafické zobrazení toxicity jednotlivých prvků. Jako nejhorší použitý materiál se mi jeví polydimethylsiloxan, který má nejvyšší hodnotu toxicity TPI. Ve zhodnocení je uvedeno, s jakými problémy jsem se setkal během mé práce a doplněno „Desatero environmentálního inženýra“.

5 Použitá literatura

- [1] Obrázek [cit. 2009-11-10] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kompalniaielektrownia.jpg>
- [2] BŽONĚK, T. *Nástroje pro ekologický návrh elektrotechnických výrobků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 75s.
- [3] SZENDIUCH, I. Eco-design jako nová strategie návrhu elektronických a elektrotechnických výrobků. [cit. 2009-11-15]
Dostupné z WWW: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/novinky/ecodesign_sdelovacka.pdf
- [4] SZENDIUCH, I. Úvod do strategie návrhu ekologických výrobků.
[cit. 2009-11-15]Dostupné z WWW: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/novinky/ecodesign_uvod.pdf
- [5] REMTOVÁ, K. Ekodesign, Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 16 stran.
ISBN 80-7212-230-4
- [6] TPI calculator, Fraunhofer IZM. [cit. 2009-11-21]
Dostupné z WWW: <http://www.izm.fraunhofer.de/EN/abteilungen/ee/service/izmeetoolbox/TPICalculator.jsp>
- [7] Centrum inovací a rozvoje. [cit. 2010-01-06] Dostupné z WWW: <http://www.cir.cz/ekodesign>
- [8] Seznam R-vět, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. [cit. 2010-12-10]
Dostupné z WWW: <http://www.mpo.cz/cz/prumysl-a-stavebnictvi/dance/seznam-r-vet.html>
- [9] REACH, Ministerstvo průmyslu a obchodu. [cit. 2009-11-10]
Dostupné z WWW: <http://www.mpo.cz/cz/prumysl-a-stavebnictvi/reach/>
- [10] Kandidátský seznam SVHC látek, European Chemicals Agency. [cit. 2009-11-10]
Dostupné z WWW: http://echa.europa.eu/chem_data/candidate_list_table_en.asp
- [11] Grafy .NET C# od firmy Gigasoft. [cit. 2010-05-12]
Dostupné z WWW: <http://www.gigasoft.com>
- [12] Material Safety Data Sheets [cit. 2010-05-19]
Dostupné z WWW: <http://www.chemicalbook.com>
- [13] Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií. [cit. 2010-05-23]
Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GHS>
- [14] Infračervená spektroskopie. [cit. 2010-03-28]
Dostupné z WWW: <http://lms.vscht.cz/Zverze/Infrared.htm>
- [15] Infračervená spektroskopie, Navajo – Otevřená Encyklopedie [cit. 2010-03-28]
Dostupné z WWW: <http://infracervena-spektroskopie.navajo.cz/>

6 Seznam obrázků

OBR.1: PŘÍKLAD ZÁSAHU ČLOVĚKA A PŮSOBENÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ (HNĚDOUHELNÝ DŮL A NEJVĚTŠÍ TEPELNÁ ELEKTRÁRNA V POLSKÉM BEŁCHATOWĚ) [1]	- 3 -
OBR.2: STARÝ SYSTÉM ZNAČENÍ.....	- 11 -
OBR.3: VÝSTRAŽNÉ GHS SYMBOLY NEBEZPEČNOSTI.....	- 11 -
OBR.4: PROGRAM PRO VÝPOČET TPI	- 15 -
OBR.5: FLASH DISK A-DATA MYFLASH PD4 2GB - HLINÍKOVÝ	- 18 -
OBR.6: FLASH DISK A-DATA 2GB RB1/JOGR - GUMOVÝ.....	- 19 -
OBR.7: FLASH DISK KINGSTON DATA TRAVELER 2GB - PLASTOVÝ.....	- 19 -
OBR.8: A-DATA - HLINÍKOVÝ OBAL	- 20 -
OBR.9: A-DATA - DPS – TOP A BOTTOM.....	- 20 -
OBR.10: A-DATA JOGR - DPS – GUMOVÉ POUZDRO	- 21 -
OBR.11: A-DATA JOGR - DPS – TOP A BOTTOM	- 22 -
OBR.12: KINGSTON – PLASTOVÉ POUZDRO.....	- 23 -
OBR.13: KINGSTON - DPS – TOP A BOTTOM.....	- 23 -
OBR.14: SPEKTRUM SLOŽENÍ HLINÍKOVÉHO FLASH DISKU	- 25 -
OBR.15: IR SPEKTRUM GUMOVÉHO OBALU FLASH DISKU	- 26 -
OBR.16: IR SPEKTRUM PLASTOVÉHO OBALU FLASH DISKU	- 27 -
OBR.17: NÁHLED PROGRAMU PRVKY	- 28 -
OBR.18: NÁHLED PROGRAMU MODEL	- 30 -
OBR.17: VYHODNOCENÍ TOXICITY PRVKŮ V PROGRAMU MODEL	- 34 -

7 Seznam tabulek

TAB.1: ZNÁZORNĚNÍ MET MATICE	- 13 -
TAB.2: OBSAH PRVKŮ DPS SESTAVENÝ PODLE TEORETICKÝCH PŘEDPOKLADŮ	- 31 -
TAB.3: HODNOTY TPI/MG OBSAŽENÝCH PRVKŮ V FR-4	- 32 -
TAB.4: STANOVENÍ TOXICITY TPI JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V FR-4	- 33 -
TAB.5: MATERIÁLOVÉ PARAMETRY OBALŮ FLASH DISKŮ	- 36 -
TAB.6: STANOVENÍ TOXICITY TPI JEDNOTLIVÝCH OBALŮ	- 37 -
TAB.7: SEZNAM SVHC LÁTEK	- 45 -

8 Seznam grafů

GRAF.1: OBECNÉ ZNÁZORNĚNÍ HODNOT TPI/MG PRVKŮ V FR-4	- 32 -
GRAF.2: TOXICITA TPI JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V FR-4	- 34 -
GRAF.3: GRAF TOXICITY TPI JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ FR-4 V PROGRAMU MODEL	- 35 -
GRAF.4: OBECNÉ ZNÁZORNĚNÍ HODNOT TPI/MG PRVKŮ U OBALŮ FLASH DISKŮ	- 36 -
GRAF.5: TOXICITA TPI JEDNOTLIVÝCH OBALŮ FLASH DISKŮ	- 37 -
GRAF.6: SROVNÁNÍ TOXICITY TPI OBALŮ FLASH DISKŮ V PROGRAMU MODEL	- 38 -

9 Seznam zkratek

EuP	Energy-using Products
EU	Evropská Unie
SVHC	Substance of Very High Concern – Látky vzbuzující mimořádné obavy
ECHA	European Chemical Agency - Evropská agentura pro chemické látky
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals - Globálně harmonizovaný systém značení látek a chemikálií
MSDS	Material Safety Data Sheets – Materiálové bezpečnostní Listy
TBBA	Tetrabromo-bisphenol A (taky pod zkratkou TBBPA)

10 Přílohy

Tab.7: Seznam SVHC látek

Název látky (AJ)	CAS číslo	EC číslo	Odůvodnění pro zařazení látky jako SVHC
Anthracene	120-12-7	204-371-1	Persistentní, bioakumulativní a toxická
4,4'-Diaminodiphenylmethane	101-77-9	202-974-4	Karcinogenní, kat. 2
Dibutyl phthalate	84-74-2	201-557-4	Toxická pro reprodukci, kat. 2
Cobalt dichloride	7646-79-9	231-589-4	Karcinogenní, kat. 2
Diarsenic pentaoxide	1303-28-2	215-116-9	Karcinogenní, kat. 1
Diarsenic trioxide	1327-53-3	215-481-4	Karcinogenní, kat. 1
Sodium dichromate	7789-12-0 10588-01-9	234-190-3	Karcinogenní, kat. 2; mutagenní, kat. 2; Toxická pro reprodukci, kat. 2
5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene (musk xylene)	81-15-2	201-329-4	Velmi persistentní a velmi bioakumulativní
Bis (2-ethyl(hexyl)phthalate) (DEHP)	117-81-7	204-211-0	Toxická pro reprodukci, kat. 2

Název látky (AJ)	CAS číslo	EC číslo	Odůvodnění pro zařazení látky jako SVHC
Hexabromocyclododecane (HBCDD) and all major diastereoisomers identified (α -HBCDD, β -HBCDD, γ -HBCDD)	25637-99-4 a 3194-55-6 (134237-51-7, 134237-50-6, 134237-52-8)	247-148-4 a 221-695-9	Persistentní, bioakumulativní a toxická
Alkanes, C10-13, chloro (Short Chain Chlorinated Paraffins)	85535-84-8	287-476-5	Persistentní, bioakumulativní a toxická Velmi persistentní a velmi bioakumulativní
Bis(tributyltin)oxide	56-35-9	200-268-0	Persistentní, bioakumulativní a toxická
Lead hydrogen arsenate	7784-40-9	232-064-2	Karcinogenní, kat. 1; Toxická pro reprodukci, kat. 1
Benzyl butyl phthalate	85-68-7	201-622-7	Toxická pro reprodukci, kat. 2
Zařazeno bez usnesení výboru:			
Triethyl arsenate	15606-95-8	427-700-2	Karcinogenní, kat. 1