

## XV. IMPREGNÁCIA DREVA

Činnosť "**impregnácia dreva**" je definovaná ako činnosť, pri ktorej sa na drevo nanáša konzervačné činidlo za účelom ochrany dreva pred biologickým poškodením. Táto štúdia je zameraná na zariadenia, v ktorých sa táto činnosť vykonáva s ročnou spotrebou organických rozpúšťadiel vyššou ako 25 ton za rok. Tento sektor však je charakterizovaný pomerne veľkým počtom malých prevádzok so spotrebou rozpúšťadiel menej ako 25 t.

Impregnant, teda látka slúžiaca na impregnáciu dreva, môže byť definovaný ako aktívna zložka, alebo prípravok obsahujúci aktívnu zložku vo forme, v ktorej je uvádzaný na trh a ktorý je na základe vlastností aktívnej zložky (zložiek) schopný zabrániť ničeniu dreva a/alebo ochrániť drevo a výrobky na báze dreva pred organizmami, ktoré ho znehodnocujú (huby, hmyz).

Impregnované drevo sa používa predovšetkým na vonkajšie použitie tam, kde je drevo vystavené poveternostným vplyvom a napadnutiu škodcami – oplotenia a ploty, vybavenie detských ihrísk, garáže, podlahové krytiny, konštrukčné drevo, stolárstvo, telegrafné stĺpy, rozvodné a prenosové stožiare, železničné podvaly a pod.

Táto činnosť nezahŕňa povrchovú úpravu dreva farbami, lakmi alebo laminovanie, ktoré majú predovšetkým dekoračnú (nie ochrannú) funkciu.

### 15.1 VŠEOBECNÝ OPIS ČINNOSTI A JEJ NAJČASTEJŠIE VYUŽITIE V PRIEMYSELNÝCH SEKTOROCH

Impregnácia dreva sa uskutočňuje v špecializovaných firmách, buď ako výrobný krok v piliarskych závodoch, alebo v drevárskom priemysle.

Namiesto splnenia emisných limitov sa prevádzkovatelia môžu rozhodnúť použiť redukčný plán podľa špecifikácií uvedených v prílohe č. 6 vyhlášky MŽP SR č. 410/2012 Z.z. v znení neskorších predpisov.

Osobitné požiadavky platia pre VOC klasifikované ako látky CMR, ako aj pre halogenované VOCs, ktorým sú priradené výstražné upozornenia H351 (Podozrenie, že spôsobuje rakovinu.) alebo H341 (Podozrenie, že spôsobuje genetické poškodenie.). Všeobecne platí povinnosť nahradiť CMR látky - pokiaľ je to možné - menej škodlivými látkami alebo prípravkami v čo najkratšom čase.

### 15.2 OPIS ŠTANDARDNÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCESU VRÁTANE BLOKOVEJ SCHÉMY A OPISU JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGICKÝCH ÚKONOV, PRI KTORÝCH SA POUŽÍVAJÚ ORGANICKÉ ROZPÚŠŤADLÁ ALEBO KDE DOCHÁDZA K EMISIÁM PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO

#### 15.2.1 OPIS ŠTANDARDNÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

**Impregnácia dreva** je proces, ktorý sa využíva na ochranu dreva pred biologickým poškodením. Používané konzervačné látky môžu byť na báze:

- rozpúšťadiel zvyčajne obsahujú približne 5% účinnej látky (insekticídy, fungicídy alebo vodu odpudzujúce látky) a 95% organického rozpúšťadla. Na impregnáciu 1 m<sup>3</sup> dreva je potrebných približne 20 kg impregnanu;
- vody;
- oleja (kreozot).

Podrobnejšie sú tieto činidlá charakterizované v kapt. 15.3. tejto časti štúdie.

Na impregnáciu a ochranu dreva pred škodcami je možné použiť rôzne procesy:

**1. ponáranie alebo impregnácia s impregnačnými činidlami**

- tlaková impregnácia (vákuovo-tlaková impregnácia, striedanie tlaku, Rupingov proces);
- nízkotlaková impregnácia (modifikovaný proces Lowry);
- impregnácia bez tlaku;
- namáčanie (máčanie, horúci kúpeľ);
- povrchová impregnácia (krátke ponáranie, sprejovanie);

**2. modifikácia dreva**

- termická modifikácia dreva (pri atmosférickom tlaku, pri zvýšenom tlaku, vo vákuu, predúprava olejom a teplom, proces s využitím inerty);
- chemická modifikácia dreva (acetylácia, furfurylácia, polymerizácia);
- impregnácia živícami;

**3. špeciálne procesy**

- hydrofobizácia (s chemikáliami; namáčanie a/alebo impregnácia s hydrofobizačnými činidlami – oleje, vosky);
- úprava amoniakom (plynom; pri teplote až do 90 °C pri atm. tlaku alebo pod tlakom až kým sa nedosiahne pH potrebné pre chemickú reakciu);
- impregnácia dreva superkritickým CO<sub>2</sub>.

**Triedy impregnácie dreva** sa na základe EÚ noriem (335-1, 351-1 a 599-1) o použití impregnačných činidiel na masívne drevo a výrobky na báze dreva delia nasledovne:

1. trieda – drevo/výrobok na báze dreva je pod strechou, t.z. nie je vystavený vplyvom počasia a zmáčaniu
2. trieda – drevo/výrobok na báze dreva je pod strechou, nie je vystavený vplyvom počasia, ale je vo vlhkom prostredí kde je vystavený občasnému zmáčaniu
3. trieda – drevo/výrobok na báze dreva nie je pod strechou a nie je v kontakte so zemou, t.z. je sústavne vystavený vplyvom počasia alebo je chránený pred vplyvom počasia, ale je vystavený zmáčaniu
4. trieda – drevo/výrobok na báze dreva je v kontakte so zemou, alebo sladkou vodou a je trvale vystavený zmáčaniu
5. trieda – drevo/výrobok na báze dreva je trvalo vystavený slanej vode

Technológie na impregnáciu dreva možno rozdeliť na procesy bez tlaku (napríklad brúsenie, sprejovanie, namáčanie, difúziu, horúci alebo studený kúpeľ) a procesy s využitím tlaku. Pre obe technológie sa odporúča predúprava, napríklad sušením.

---

#### 15.2.1.1 PROCESY BEZ VYUŽITIA TLAKU

**Procesy bez využitia tlaku** využívajú napríklad brúsenie, sprejovanie, namáčanie, difúziu, horúci alebo studený kúpeľ. Pri sprejovaní/lakovaní sa impregnačné činidlo nanáša v rozprašovacom tunely, ktorý umožňuje rovnomerné nanášanie impregnačného prostriedku na celý povrch dreva a zároveň vzniká malé množstvo odpadu. Pri tomto procese sa využívajú vodou rozpustné impregnačné činidlá. Impregnácia dreva namáčaním v impregnačnom činidle (vodný roztok alebo vodou riediteľný emulzný koncentrát) sa vykonáva po dobu niekoľkých sekúnd až niekoľkých minút. Táto metóda úpravy sa používa prevažne pri výrobe okien a vykonáva sa v uzavretých priestoroch.

### 15.2.1.2 PROCESY S VYUŽITÍM TLAKU (TLAKOVÁ IMPREGNÁCIA)

**Procesy s využitím tlaku** patria k najviac používaným metódam impregnácie dreva. Tlaková impregnácia sa používa hlavne na drevo, ktorému hrozí biologická degradácia, teda predpokladá sa kontakt so zemou, alebo ide o nosné konštrukcie priamo vystavené vplyvom počasia (terasy, schody, balkóny, atď.). Technológia zahŕňa aplikáciu impregnačných činidiel do dreva vplyvom tlaku. Najbežnejšie používaným impregnačným činidlom je v súčasnosti meď (čínidlo na vodnej báze) spolu s ďalšou zlúčeninou, napríklad kyselinou boritou.

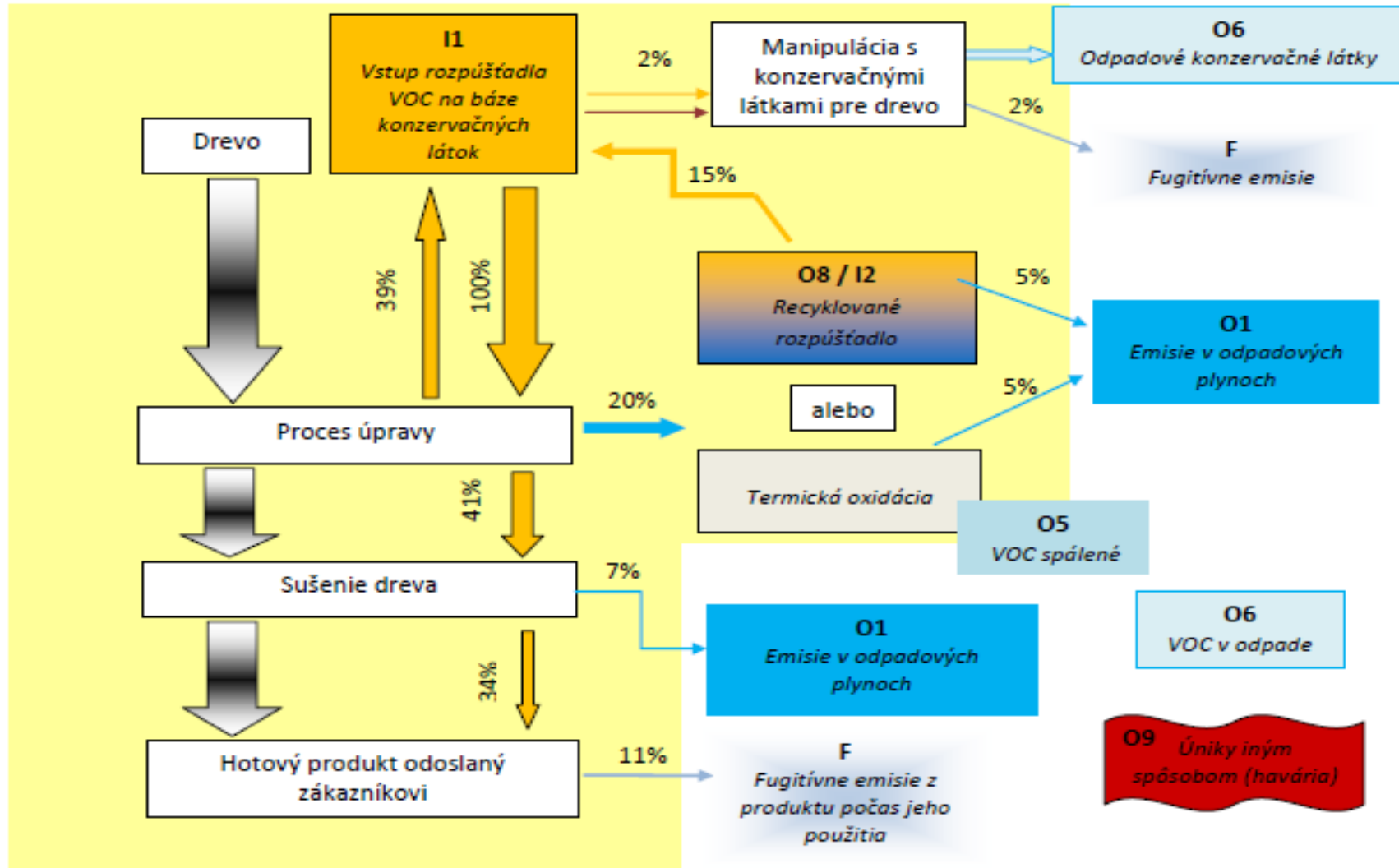
Vákuová impregnácia je zvyčajne založená na využití organických rozpúšťadiel – 90% organického rozpúšťadla a 10% účinnej zložky (fungicidu). Najčastejšie používanými fungicidmi sú propikonazol a tebukonazol. Vákuová impregnácia sa používa na drevo, ktorému hrozí napadnutie hubami, avšak nemusí byť v kontakte so zemou ani trvale vo vode. Po aplikácii impregnačného činidla sa vyžaduje ďalšia starostlivosť o výrobok počas jeho používania. Metóda sa používa takmer výhradne na impregnáciu okien a dverí.

Technologicky môže impregnácia prebiehať ako celobunková (**full-cell**) impregnácia alebo ako tzv. **empty-cell** impregnácia, teda impregnácia s prázdnyimi bunkami dreva.

- Proces **Bethell** začína vytvorením vákua (full-cell), ktoré sa vytvára aj vo vnútri dreva. Vákuum sa udržiava a následne sa vstrekuje impregnačné činidlo. Keď sa tlakový valec naplní impregnačným činidlom, vákuum sa odpustí a vytvorí sa pretlak. Vzniknutý pretlak (nad 1200 kPa) spôsobí, že činidlo prenikne do dreva. Čas trvania pretlaku sa pohybuje od minút až k niekoľkým hodinám. Následne sa znovu prinavrátí normálny tlak a proces sa zakončuje krátkym vákuom, aby sa odstránilo nespotrebované impregnačné činidlo. Záverečná fáza zabezpečuje ekologickú stránku procesu tým, že nedochádza k odkvapkávaniu nadbytočného impregnačného činidla z dreva po vybratí z impregnačnej komory.
- V procese **Lowry** (empty-cell) sa impregnačné činidlo vstrekuje do dreva, ktoré nebolo predtým vystavené nižšiemu tlaku. Drevo má medzi bunkami stále určitý obsah vzduchu, ktorý bráni impregnačnému činidlu preniknúť dnu. Drevo absorbuje oveľa menej činidla v porovnaní s procesom Bethell a preto sa považuje za ekonomický proces.
- Zvlášť vhodným procesom na impregnáciu mokrého dreva je proces **Royal**, kedy sa naimpregnované drevo po Lowry procese ešte varí v horúcom kúpeli obsahujúcom rýchlo-fixačné impregnačné činidlo. Špeciálne pre tento proces bolo vyvinuté činidlo na báze meďnatej soli a ľanového oleja, ktoré drevu dodáva voduodpudivý charakter. Najprv sa drevo impregnuje meďnatou soľou a následne sa varí v ľanovom oleji 6 – 8 hodín vo vákuu.
- **Dvojitý vákuový proces** sa používa predovšetkým na impregnáciu suchých trávov, ktoré si musia zachovať rozmerovú presnosť (okná, dvere, iné konštrukčné drevo). Najprv sa drevo podrobí počítačným slabému vákuu na krátku dobu, následne sa zaplaví impregnačným činidlom a tlak sa zníži na normálny. Príjem impregnačného činidla je nižší ako v prípade tlakového procesu. V konečnom vákuu sa odstráni nadbytočné impregnačné činidlo aby sa dosiahol suchý povrch dreva. V súčasnosti sa v procese využívajú činidlá na báze vody.
- Proces s využitím **oscilačného tlaku** (empty-cell) sa aplikuje na impregnáciu mokrých trávov s vlhkosťou vyššou ako 80%. Impregnačná komora je zaplavená roztokom impregnačného činidla pri normálnom tlaku. Po 30 – 60 minútach dochádza k oscilácii tlaku v krátkych intervaloch – strieda sa tlak a podtlak po dobu minimálne 10 hodín s minimálne 160 cyklami.
- **Rüpingov proces** (empty-cell) patrí k procesom impregnácie dreva, ktoré využívajú predovšetkým kreozot.
- Ďalšia metóda, ktorá využíva tlak a impregnačné činidlo obsahujúce **vodné sklo** (kremičitany sodné) funguje na princípe polymerizácie vodného skla v póroch dreva. Polymerizáciu možno podporiť tepelným spracovaním, kovovými soľami alebo rôznymi kyselinami.
- Impregnácia **horúcim olejom** kombinuje predúpravu s **ľanovým olejom** s následným sušením impregnovaného dreva. Pracuje sa vo vákuu, pričom sa drevo zároveň suší.

### 15.2.2 BLOKOVÁ SCHÉMA PROCESU

Nasledujúca bloková schéma znázorňuje procesné kroky pri impregnácii dreva použitím produktov založených na rozpúšťadlách a ukazuje, kde sa môžu vyskytnúť emisie VOC a koľko rozpúšťadla sa z každého procesu emituje, alebo zostáva vo výrobkoch. V prípade krezolu je bloková schéma podobná, ale recyklácia rozpúšťadla nie je možné.



Upravené podľa pôvodného zdroja: Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive (Directive 1999/13/EC) - Guidance 12: Wood impregnation

Približne jedna tretina rozpúšťadla, ktorá zostáva v dreve po sušení v zariadení na ochranu dreva, sa v priebehu času vyparí, ale ostatné dve tretiny zostanú v dreve počas svojej životnosti.

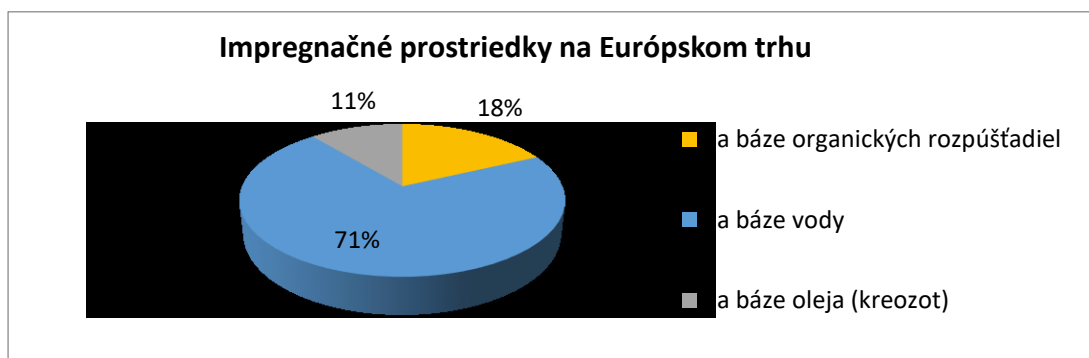
### 15.3 POUŽITIE ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL A ICH CHARAKTERISTIKY (NAJMÄ BEZPEČNOSTNÉ, ENVIRONMENTÁLNE A ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ)

Chemikálie na impregnáciu dreva pozostávajú zo samotného konzervačného prostriedku, ale aj z proti-plesňových činidiel, činidiel proti tvorbe slizu a z farbív. Všetky tieto chemikálie sú toxické a nebezpečné pre životné prostredie. Manipulácia s chemikáliami na impregnáciu dreva si vyžaduje bezpečnostné opatrenia. Ak je to technicky a ekonomicky možné, kľúčovým cieľom v odvetví impregnácie dreva je výmena nebezpečných chemikálií za menej nebezpečné. V minulosti sa používali napríklad chemikálie ako arzeničnan meďnatý s chrómom (chromate copper arsente, CCA), pentachlórofenol alebo naftén medi, avšak vzhľadom na ich riziko voči ľudskému zdraviu a tiež voči životnému prostrediu sú v súčasnosti nahradené inými zlúčeninami.

Chemikálie na ochranu dreva možno rozdeliť nasledovne:

- riediteľné vodou
- na báze oleja (kreozot)
- na báze organických rozpúšťadiel

Zdroj: Esa Salminen, Risto Valo, Maarit Korhonen, Rikard Jernlas. Wood preservation with chemicals. Best available techniques (BAT). 2014



V nasledovnej tabuľke sú uvedené príklady rozpúšťadiel zvyčajne používaných pri impregnácii dreva, resp. obsiahnutých v používaných prípravkoch:

Rozpúšťadlo	CAS	Špecifická H-veta	Výstražné upozornenie
Kreozot	8001-58-9	H351 H341	Podозrenie, že spôsobuje rakovinu. Podозrenie, že spôsobuje genetické poškodenie.
Benzo(a)pyrén	50-32-8	H350 H340 H360FD H317 H410	Môže spôsobiť rakovinu. Môže spôsobovať genetické poškodenie. Môže poškodiť plodnosť. Môže poškodiť nenarodené dieťa. Môže vyvolať alergickú kožnú reakciu. Veľmi toxický pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami.
Xylén	1330-20-7	H226 H312 H332 H315 H319	Horľavá kvapalina a pary. Škodlivý pri kontakte s pokožkou. Škodlivý pri vdýchnutí. Dráždi kožu. Spôsobuje vážne podráždenie očí.

Rozpúšťadlo	CAS	Špecifická H-veta	Výstražné upozornenie
		H335	Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.
		H373	Môže spôsobiť poškodenie orgánov.
		H304	Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest.

### 15.3.1 IMPREGNAČNÉ ČINIDLÁ NA BÁZE VODY

V súčasnosti sa najviac používajú impregnačné činidlá na báze vody obsahujúce zlúčeniny medi ako napríklad kvartérne amóniové meďnaté soli, meďnaté azoly a iné. Meďnaté azoly možno rozdeliť na základe zloženia na typ A, známy ako CBA-A – obsahuje meď, kyselinu boritú a tebukonazol. Druhým typom je typ B, známy ako CA-B – obsahuje vyššie koncentrácie medi a tebukonazolu, ale neobsahuje kyselinu boritú. Drevo ošetrené meďnatými azolmi je odolné voči vlhkosti. Výhodou týchto zlúčenín je, že po aplikácii nezapachajú.

Impregnačné činidlá na báze vody sa používajú najmä na impregnáciu dreva pre banský priemysel, dreva v obytných domoch, dreva určeného na skladovanie potravín a na drevo, ktoré je súčasťou chladiacich veží. Koncentrácia roztokov je približne 5 %. Vo vode rozpustné impregnačné činidlá obsahujú predovšetkým anorganické soli bóru, zlúčeniny chrómu a medi, zlúčeniny chrómu, medi a bóru, kvartérne amóniové soli, kvartérne amóniové soli v kombinácii s bórom, zlúčeniny medi, prípadne zlúčeniny obsahujúce organické substancie (triazoly, karbamáty).

#### Chlorid zinočnatý s chrómom:

- impregnačné činidlo zložené z 18% dichromanu sodného a 79,5% chloridu zinočnatého

#### Soli bóru:

- sú vo vode rozpustné zlúčeniny, bez zápachu, obsahujúce boráty alebo kyselinu boritú ako aktívne substancie; môžu obsahovať amíny
- impregnačné činidlá môžu byť použité na drevené prvky, ktoré sú chránené pred poveternostným vplyvom (nesmú byť vystavené zrážkam, vlhkosti, vode)
- používajú sa preventívne proti hmyzu a/alebo hubám
- nanášajú sa natieraním, namáčaním, sprejovaním v stacionárnych zariadeniach, impregnáciou pod tlakom, ponáraním

#### CC soli (chróm, meď):

- vodou rozpustné pasty a kvapaliny, bez zápachu
- obsahujú meď napríklad vo forme oxidu meďnatého ako účinnú látku až do 25%
- zlúčeniny chrómu sa pridávajú ako pomocné prvky v činidle (kyselina chrómová, oxid chrómový) až do 55%
- používajú sa preventívne proti hmyzu a/alebo hubám v dreve, ktoré je určené na konštrukčné a stavebné účely (v záhrade, v teréne – úpravy, vinohrad, sady) len v exteriéry a sú vhodné tam, kde drevo prichádza do kontaktu so zemou, alebo s vodou
- používa sa predovšetkým tlaková impregnácia

#### CCB soli (meď, chróm, kyselina boritá):

- impregnačné činidlá s obsahom medi (napr. oxidy medi) až do 15%, kyseliny boritej maximálne 5,5% a tiež pomocné prvky vo forme chrómu (kyselina chrómová, oxid chrómový) až do 35%
- používajú sa preventívne proti hmyzu a/alebo hubám v dreve, ktoré je určené na konštrukčné a stavebné účely (v záhrade, v teréne – úpravy, vinohrad, sady) len v exteriéry a sú vhodné tam, kde drevo prichádza do kontaktu so zemou, alebo s vodou
- používa sa predovšetkým tlaková impregnácia

#### Kvartérne bórové soli:

- obsahujú ako aktívnu substanciu okrem bóru a kvartérnych amóniových solí fenoxycarb (až do 0,25%), 2-aminoetanol a glykoly ako rozpúšťadlá
- používajú sa na drevo určené na stavebné účely a podľa zloženia impregnačného činidla môže byť drevo v interiéri alebo v exteriéri bez kontaktu s pôdou
- impregnácia sa zvyčajne vykonáva ponáraním, natieraním, sprejovaním, alebo tlakovými procesmi

Ďašie impregnačné činidlá na vodnej báze: **chlorid zinočnatý, anorganické zlúčeniny arzenu, medi a chrómu** (po splnení predpisov v Nariadení Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 528/2012 z 22. mája 2012 o sprístupňovaní biocídnych výrobkov na trhu a ich používaní). Impregnačné prostriedky na báze vody sa zvyčajne predávajú ako zriedené roztoky pripravené na použitie. Sú vhodné na suché aj mokré drevo. Ďalšou možnou formou sú emulzie na vodnej báze pripravené s vodou rozpustných a vodou nerozpustných zlúčenín, taktiež pripravené na použitie spotrebiteľom.

---

#### 15.3.2 IMPREGNAČNÉ ČINIDLÁ NA BÁZE ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL

Impregnačné činidlá pozostávajú z aktívnych chemikálií – insekticídov/fungicídov rozpustených v organickom rozpúšťadle. Výrobky na báze organických rozpúšťadiel obsahujú približne 5% účinnej látky (insekticidy, fungicidy alebo vodu odpudzujúce látky) a 95% organického rozpúšťadla. Na impregnáciu 1 m<sup>3</sup> dreva je potrebných približne 20 kg činidla.

V súčasnosti je možné použiť len niekoľko aktívnych chemikálií, ktoré sú účinné, poskytujú dlhotrvajúcu ochranu dreva, pretože nie sú rozpustné vo vode a po odparení rozpúšťadla ostávajú v dreve.

Môžu byť: (a) bez arómatov, (b) s nízkym obsahom arómatov, (c) s vysokým obsahom arómatov

V súčasnosti sa používajú tzv. LOSP - ľahké konzervačné látky na báze organických rozpúšťadiel (light organic solvent preservative). V týchto produktoch sa ako rozpúšťadlá používajú organické rozpúšťadlá, ako je benzín alebo iné uhľovodíky na báze ropy, ako nosiče účinných zložiek (napríklad fungicídov, insekticídov, vodu odpudzujúcich látok) do dreva. Rozpúšťadlo pozostáva hlavne (> 80%) z uhľovodíkov C<sub>9</sub>-C<sub>11</sub> (alifatických, alicyklických a aromatických), zvyšok sú prevažne uhľovodíky C<sub>7</sub>-C<sub>8</sub> a C<sub>12</sub>.

LOSP sa môže aplikovať v procese dvojitej vákuovej impregnácie a v procesoch namáčania/ponárania. Používajú sa na konečnú úpravu drevených komponentov v konečnom obrábanom tvare a forme, pretože LOSP nenarúša drevené výrobky. Konzervačné látky na báze rozpúšťadiel používa stavebný priemysel pre špecifické činnosti, ak sú potrebné presné rozmery a dlhotrvajúca ochrana. Impregnačné činidlá na báze organických rozpúšťadiel sú vhodné na použitie v prípade suchého až polosuchého dreva; niektoré nie sú vhodné na komerčné používanie.

**Naftenát meďnatý** je meďnatá soľ kyseliny nafténovej (zmes cyklopentyl a cyklohexyl karboxylových kyselín). Je toxický pre drevných škodcov (s výnimkou termitov) a je nekorozívny voči železu a oceli. Používa sa hlavne ako konzervačný prostriedok na údržbu lodných konštrukcií s koncentráciou Cu 1 – 2%.

**Bis(tri-butyl-tin)oxid**, tiež známy ako TnBTO, TBTO je výborný fungicíd nerozpustný vo vode, ale rozpustný v mnohých organických rozpúšťadlách. Používa sa na ochranu dreva, ktoré prichádza do styku s morskou vodou v koncentrácii 0,5 – 1%.

### 15.3.3 IMPREGNAČNÉ ČINIDLÁ NA BÁZE OLEJA

Najviac používaným impregnačným činidlom na báze oleja je kreozot. Prvý raz bolo slovo **kreozot** použité na popis dechtu (oleja) vyrobeného z dreva. Kreozot z uhoľného dechtu je najstaršia priemyselná ochrana dreva a používa sa v enormnom množstve už viac ako 150 rokov. Kreozot je hnedo-čierna olejovitá kvapalina, ktorá vzniká počas karbonizácie bituménového uhlia. Časť uhoľného dechtu, ktorá vrije pri teplote 200 – 400°C, je kreozot s veľmi komplexným chemickým zložením. Kreozot obsahuje stovky rôznych zlúčenín, predovšetkých uhľovodíky s malým množstvom tarových kyselín (fenoly – fenoly, krezoly, xylenoly) a tarových zásad (anolín, pyridín, chinolín).

Kreozot je veľmi účinným ochranným prostriedkom dreva, je nerozpustný vo vode, nekorozívny voči kovom a má veľký elektrický odpor. Je to napoužívanější impregnant na báze oleja a dechtu. Chráni drevo proti štiepeniu a zvetrávaniu vplyvom počasia. Stĺpy ošetrené kreozotom majú životnosť aj 60 rokov, piliere vystavené v morskej vode aj 40 rokov a železničné podvaly minimálne 30 rokov.

Kreozot sa zvyčajne aplikuje procesom „empty-cell“ a príležitostne procesom „hot-cold bath“. Vzhľadom k tomu, že z kreozotu sa uvoľňujú prchavé organické zlúčeniny, takto ošetrené drevo nie je vhodné na skladovanie kŕmnych zmesí. Taktiež nie je drevo ošetrené kreozotom vhodné na ďalšiu úpravu lakovaním a ani na použitie v banskom priemysle, pretože je horľavý. Niekedy sa ku kreozotu pridávajú ďalšie chemikálie na zlepšenie vlastností činidla. Zlúčeniny obsahujúce meď sa pridávajú kvôli morským škodcom *Limnoria tripunctata*.

Obsahuje polyaromatické uhľovodíky (PAH) akým je napríklad benzo(a)pyrén, ktorý je klasifikovaný Medzinárodnou agentúrou na výskum rakoviny ako karcinogén 1. skupiny. Jeho používanie je regulované Nariadením o sprístupňovaní biocídnych výrobkov na trhu a ich používaní č. 528/2012, ktoré vydal Európsky parlament a rada EÚ. Legislatíva EÚ síce špecifikuje a obmedzuje použitie kreozotu, ale umožňuje jeho aplikáciu v prípade, že nie sú k dispozícii socioekonomicky alebo technicky vhodné alternatívy. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 z 18. decembra 2006 o registrácii, hodnotení, autorizácii a obmedzovaní chemických látok (REACH) a o zriadení Európskej chemickej agentúry, o zmene a doplnení smernice 1999/45/ES a o zrušení nariadenia Rady (EHS) č. 793/93 a nariadenia Komisie (ES) č. 1488/94, smernice Rady 76/769/EHS a smerníc Komisie 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES obmedzuje použitie kreozotu vo výrobkoch nasledovne: musí obsahovať menej ako 0,005 hm. % benzo(a)pyrénu a menej ako 3 hm. % vo vode extrahovateľných fenolov.

Na základe zloženia možno rozlíšiť tri základne stupne kreozotu:

- **Kreozot stupňa A** je v EÚ zakázaný.
- **Kreozot stupňa B** je v súčasnosti najpoužívanější produkt na báze oleja s priemerným obsahom VOC 20% a menej ako 0,005 hm.% benzo(a)pyrénu.
- **Kreozot stupňa C** s výrazne nižším obsahom VOC (~ 2%) a obsahom menej ako 0,005 hm.% benzo(a)pyrénu má vysokú viskozitu a vysokú kryštalizačnú teplotu. Preto je potrebné, aby sa skladovací a impregnačný systém zahrieval.

Na impregnáciu 1 m<sup>3</sup> dreva je potrebných 40 až 150 kg kreozotu. Kreozot sa zvyčajne používa v uzavretých, vákuových/tlakových impregnáciách a v menšom rozsahu sa používa aj v procesoch bez tlaku.

**Antracénový olej** je uhoľný decht, ktorý obsahuje vo väčšom množstve zlúčeniny s vysokou teplotou varu zvané karbolíneum. Všeobecne sa používa pri tlakovej impregnácii, pri sprejovaní, ponáraní a pri nanášaní štetcom, avšak s obmedzenou schopnosťou penetrácie.

**Drevný decht (olej)** sa získava suchou destiláciou dreva. Jeho vlastnosti z hľadiska impregnačného činidla sú horšie v porovnaní s kreozotom, avšak jeho viskozita je nižšia a teda penetračné schopnosti sú lepšie.

**Impregnačné činidlá na báze oleja (dechtu) – zhrnutie:**

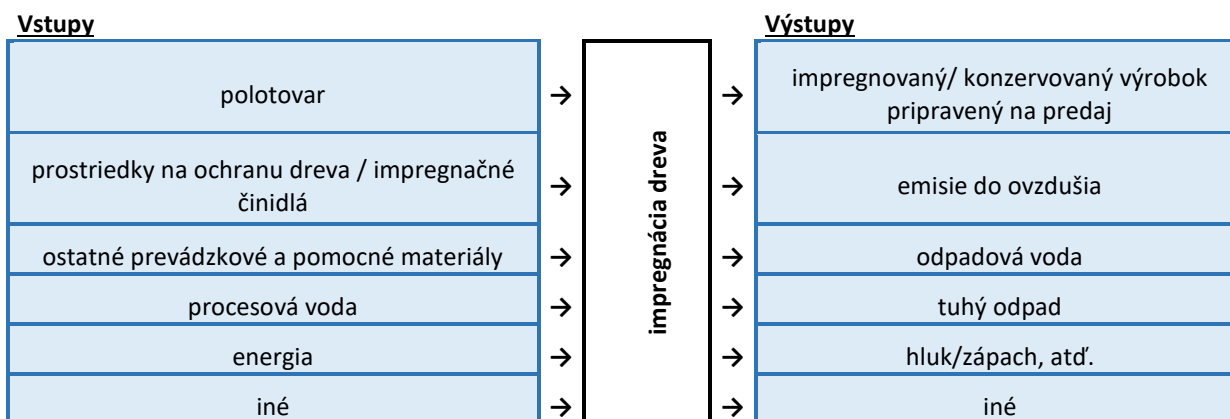
- aplikujú sa na drevo, ktoré je neustále v kontakte s pôdou a vodou;
- obsahujú polycyklické aromatické uhľovodíky, vrátane benzo(a)pyrénu, ktorý je klasifikovaný ako karcinogén;



- koncentrácia benzo(a)pyrénu by nemala prekročiť hodnoty 50 mg/kg hmoty (0,005 hm.%) a podiel vo vode rozpustnej fenolovej frakcie by nemal presiahnuť 3%;
- kreozot sa môže predávať v baleniach s objemom minimálne 20 l, ale len na priemyselné účely (nie je určený na predaj fyzickým osobám);
- najčastejšie sa využíva na impregnáciu drevených železničných podvalov, ale tiež na impregnáciu stĺpov elektrického vedenia, plotov, poľnohospodárskych konštrukcií;
- existuje kreozot stupňa A, B a C – použitie kreozotu stupňa A je v súčasnosti v EÚ zakázané.

### 15.3.2 BEZPEČNOSTNÉ, ENVIRONMENTÁLNE A ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ

Medzi hlavné zdroje emisií do životného prostredia patria najmä **výpary a/alebo aerosóly impregnačných činidiel, ich priesaky do vody a pôdy, odpadová voda a kontaminovaný drevný odpad.**



Najväčším zdrojom emisií do ovzdušia sú rozpúšťadlá, ktoré sa používajú v technologickom procese a následne sa odparujú pri sušení dreva.

Emisie VOC do ovzdušia môžu vznikáť z/zo:

- skladovania a manipulácie s rozpúšťadlami,
- procesu impregnácie,
- procesu sušenia.

Procesné a havarijné úniky a úniky zo skladovacích priestorov môžu spôsobiť aj emisie VOC do pôdy a podzemných vôd.

Samotný proces impregnácie je pomerne jednoduchý a uzavretý systém, teda emisie do životného prostredia sú minimálne. Emisie prchavých organických zlúčenín (VOC) sú pozorované najmä pri využívaní impregnačných činidiel na báze olejov a organických rozpúšťadiel. Emisie vznikajú aj pri preprave hotových výrobkov a v skladovacích priestoroch. Väčšina emisií VOC sa uvoľňuje z procesu spracovania počas plnenia, vyprázdňovania a otvárania jednotlivých súčastí impregnačnej komory a pridružených zberných nádob. VOC, ktoré po procese sušenia ostávajú v dreve sa odparujú počas dlhšieho časového obdobia.

Zníženie VOC možno dosiahnuť (ak je to technicky a ekonomicky možné) nahradením impregnačných činidiel na báze rozpúšťadiel, impregnačnými činidlami na báze vody alebo inými impregnačnými činidlami, ktoré produkujú nízke emisie VOC, alebo technológiami bez chemickej úpravy.

Odpadové plyny sa počas procesu impregnácie zachytávajú a recyklujú. Používajú sa napríklad vákuové čerpadlá vedúce do zásobníka odpadového plynu. VOC sa znižujú najmä používaním konečného vákuového stupňa v procese tlakovej impregnácie, kedy sa nadbytočné rozpúšťadlo odstráni. Väčšie podniky zavádzajú napríklad technológie, kedy sa VOC

katalyticky regenerujú spaľovaním. Zníženie skladovacích množstiev rozpúšťadiel taktiež prispieva k znižovaniu VOC v prevádzke.

**KREZOL** je toxický a klasifikovaný ako Carc. Kat. 2. V dôsledku možného vplyvu na zdravie je krezol klasifikovaný aj ako látka H350, ktorá "môže spôsobiť rakovinu".

**Kreozot** typu C obsahuje len 1 – 2% VOC a menej ako 0,005 hm.% benzo(a)pyrénu v porovnaní so súčasne často využívaným kreozotom typu B, ktorý obsahuje 5 – 20% VOC a 0,005 hm.% benzo(a)pyrénu. Nevýhodou kreozotu typu C je jeho vyššia viskozita a teplota kryštalizácie.

**KONZERVAČNÉ LÁTKY NA BÁZE VODY**, ktoré obsahujú kvartérne zlúčeniny amónnej medi alebo azol medi, sa považujú za menej toxické.

## 15.4 NAJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNIKY - NÁHRADY ŠTANDARDNÝCH TECHNÍK POUŽÍVAJÚCICH ORGANICKÉ ROZPÚŠŤADLÁ

Existuje niekoľko možností ako znižovať VOC v prevádzkach na impregnáciu dreva.

### 15.4.1 SYSTÉMY SO ZNÍŽENÝM OBSAHOM VOC

Jednou z možností je napríklad nahrádzanie **kreozotu** typu B za kreozot typu C. Železničné podvaly ošetrené kreozotom typu B emitujú počas obdobia 25 rokov približne 5 kg VOC – asi tretinu konzervačných látok v dreve. Emisie kreozotu sa môžu tiež znížiť použitím konzervačných látok na báze vody alebo použitím kreozotového prípravku so zníženým obsahom VOC (EN 13991, stupeň C5). Použitie kreozotu typu C znižuje emisie o 90% počas celej životnosti výrobku. Okrem toho má výrobok menej typického "impregnačného zápachu".

Táto zmena však vedie k vyšším nákladom pre prevádzkovateľov. Na jednej strane je samotný výrobok drahší (~ 25%) a na druhej strane je potrebné upraviť technologické zariadenia. Kvôli vyšším kryštalizačným vlastnostiam kreozotu C je potrebné zohrievať skladovacie nádrže a prírodné potrubia. Pri samotnom impregnačnom procese je tiež potrebná vyššia teplota na zníženie viskozity konzervačného činidla a na zaručenie jeho rýchleho a účinného prenikania do dreva. Výsledkom je vyššia spotreba energie a vyššie prevádzkové náklady.

### 15.4.3 KONZERVAČNÉ LÁTKY NA BÁZE VODY

Prechod z konzervačných látok na báze rozpúšťadiel na systémy založené **na vode** môže dosiahnuť redukciu VOC blížiacu sa 100%, alebo v prípade **mikroemulzných systémov** na báze vody, zníženie o 99%. Emisie VOC sa môžu znížiť prechodom na iné procesy úpravy dreva – napr. tepelnou úpravou, či nanášaním konzervačných látok v uzavretej komore s regeneráciou rozpúšťadla.

### 15.4.4 ALTERNATÍVNE SPÔSOBY IMPREGNÁCIE

Vzhľadom na obsah VOC v používaných rozpúšťadlách pri impregnácii dreva rastie na trhu alternatívna technologická oblasť zameraná na modifikáciu dreva. Modifikované drevo je menej náročné na údržbu a s tým sa spája aj nižšia miera nákladov na jeho výrobu. Najčastejšie využívanými technológiami na modifikáciu dreva sú:

- termicky modifikované drevo
- platonizácia dreva

- chemicky modifikované drevo
- hydrofobizácia
- drevo impregnované so superkritickým CO<sub>2</sub>

---

#### 15.4.4.1 TERMICKÁ MODIFIKÁCIA DREVA

**Termická modifikácia dreva** je proces, ktorý zahŕňa úpravu dreva pri vysokej teplote v prítomnosti pary bez použitia chemikálií. Drevo sa upravuje určitý čas pri teplote približne 130 °C a následne vo zvolenej atmosfére pri teplote 185 – 225°C. V súčasnosti existuje niekoľko patentovaných spôsobov, ktoré sa líšia napríklad v druhu zvolenej atmosféry – vodná para, dusík, olej. Produkt sa kondicuje po dobu 8 hodín. Celý proces trvá približne 36 hodín. Takto upravené drevo má tmavšiu hnedú farbu, lepšiu rozmerovú stálosť a nižšiu hustotu. Časom sa farba dreva mení na sivú. Hmyz takto upravené drevo nenapáda, pretože má znížený obsah hemicelulózy. Takto upravené drevo sa neodporúča používať pri kontakte so zemou a so slanou vodou.

Podskupinou termicky ošetreného dreva je drevo upravené **termicky ľanovým olejom**. V prvom kroku sa drevo zahrieva pričom dochádza k čiastočnej degradácii sacharidov a k vytvrdzovaniu živice, čím sa mení štruktúra dreva. Absorpcia vlhkosti sa zníži približne o 50%. Ľanový olej, ktorý je hlavnou zložkou tohto patentovaného procesu, neobsahuje bielkoviny, stearín ani parafín. Proces prebieha v autokláve pričom drevo absorbuje asi 5x viac ľanového oleja ako obvyčajným natieraním.

**Platonizácia dreva** je jedinečný proces, ktorý pozostáva z troch krokov a prebieha pri relatívne nízkej teplote. Prvý krok – hydrotermolýza – sa vyznačuje tým, že neošetrené drevo sa v autokláve pri zvýšenom tlaku zahrieva na teplotu 170°C spolu s parou po dobu asi 30 – 60 min v závislosti od typu a veľkosti dreva. Druhý krok zahŕňa postupné sušenie, aby nedošlo k praskaniu dreva. Keď je vlhkosť dreva asi 8% nasleduje ďalší krok zahrievania na 180°C v suchom prostredí bez kyslíka. Drevo si udržuje svoju elasticitu a je výborne spracovateľné. Počas týchto krokov sa vo vnútri dreva vytvárajú nové stabilné zlúčeniny a drevo absorbuje menej vlhkosti ako drevo neošetrené. Sacharidy počas ošetrovania prirodzene degradujú a drevo tak nie je atraktívne pre škodce.

---

#### 15.4.4.2 CHEMICKÁ MODIFIKÁCIA DREVA

**Chemická modifikácia dreva** môže byť použitá ako adekvátna náhrada impregnácie dreva chemikáliami. Polyméry nachádzajúce sa v bunkovej stene dreva sa modifikujú vplyvom reakčných chemikálií a dochádza tak k zmene vlastností dreva. Jednou z takýchto metód je acetylácia, ktorá využíva netoxické chemikálie, nemá vplyv na ťahové vlastnosti dreva a materiál je UV stabilný. Ďalšími obdobnými procesmi sú napríklad technológie využívajúce silikáty, silikóny, polykarboxylové kyseliny, keténové plyny, izokyanáty a iné.

V súčasnosti existujú tri najčastejšie používané spôsoby **chemickej modifikácie dreva**:

- furfurylácia,
- acetylácia,
- modifikácia dreva s organosilánmi.

1. **Furfurylácia** je netoxická modifikácia dreva, ktorou sa dosahujú podobné výsledky ako pri tlakovej impregnácii dreva. Furfurylácia využíva furfurylalkohol, ktorý vytvára vysoko rozvetvený a presietený furánový polymér, ktorý sa zabuduje do polymérov bunkovej steny dreva. Furfurylalkohol saturuje drevo tak, aby bolo viac odolnejšie voči degradácii. Furfurylalkohol sa vyrába z odpadu zo získavania cukrovej trstiny. Drevo sa spracúva v autokláve, kde sa impregnačné činidlo pridáva pod tlakom, avšak následne je vytvrdené v tepelnej komore, kde chemikálie reagujú so zložkami bunkových stien v dreve a polymerizujú. Výsledný produkt má dobrú rozmerovú stabilitu, zlato-hnedú farbu, ktorá sa neskôr, časom, mení na sivú.

2. **Acetylácia** je proces, pri ktorom sa drevo spracuje kyselinou octovou s acetanhydridom. Reakcia prebieha pri teplote 120 – 130 °C a kyselina octová sa v procese recykluje. Výsledný produkt je chránený pred biologickými činiteľmi, je rozmerovo stabilný, vysoko odolný, dobre opracovateľný, odolný voči UV žiareniu.
3. **Modifikačná metóda pre organo-drevo** je relatívne novým typom technológie, ktorá zahŕňa zmenu vlákien na molekulovej úrovni s využitím kremíkových zlúčenín a katalyzátorov. Vytvára sa tak fyzikálna bariéra, ktorá bráni hubám preniknúť ku drevu.

#### 15.4.4.3 HYDROFOBIZÁCIA DREVA

**Hydrofobizácia** je impregnácia hydrofobizačnými činidlami akými sú oleje, vosky alebo zlúčeniny kremíka. Impregnáciou dreva voskami, živcami alebo parafínovými živcami značne narastá trvanlivosť a pevnosť dreva.

#### 15.4.4.4 IMPREGNÁCIA DREVA SUPERKRITICKÝM CO<sub>2</sub>

**Impregnácia dreva superkritickým CO<sub>2</sub>** patrí k relatívne novým technológiám. Superkritický CO<sub>2</sub> vystupuje ako nosná tekutina malého množstva impregnačného prostriedku s obsahom propikonazolu (8 – 9%), tebukonazolu (8 – 9%) a IPBC (3-jódo-2-propynyl butyl karbamát, 3 – 5%).

Impregnačná metóda s využitím superkritického CO<sub>2</sub> má výhodu v tom, že využíva menší objem impregnačných chemikálií. Nadbytočné impregnačné činidlo sa recykluje.

### 15.5 MOŽNOSTI PREVENIE A ZNIŽOVANIA EMISÍ PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKOK PRI ŠTANDARDNÝCH PROCESOK

Ak nie je možná priama náhrada impregnačného prípravku s obsahom VOC, na zníženie emisií VOC sa môžu použiť nasledoné možnosti alebo ich kombinácia:

- prevencia a redukcia fugitívnych emisií do ovzdušia, do pôdy a vody
- zabezpečenie recirkulácie vody v procese (zabrániť kontaktu s pôdou, zber kvapiek)
- meranie vlhkosti dreva na výstupe
- inštalácia impregnačného odkvapku
- dodatočné termické spaľovanie emisií
- variabilné ovládanie čerpadla
- náhrada impregnačných činidiel obsahujúcich chróm
- zastrešená hala na sušenie, odkvapkávanie a zafixovanie impregnačného prostriedku

Opatrenia na zníženie a prevenciu fugitívnych emisií prchavých organických látok, ktoré sa uvoľňujú počas spracovania, prepravy, prenášania, dekantovania a skladovania impregnačných olejov:

- zníženie emisií organických zlúčenín použitím kreozotu typu C
- zníženie emisií organických zlúčenín a zápachu vhodnou aplikáciou impregnačných olejov s ohľadom na ich použiteľnosť a proporcionalitu (primerané množstvo prostriedku)
- pri tzv. „hot-cold bath“ impregnácii (namáčanie dreva do horúceho a následne do studeného impregnačného činidla) používanie uzavretých impregnačných systémov a systémov nasávania výparov až kým drevo nedosiahne teplotu okolia; čistenie nahromadených výparov cez čistiareň výparových plynov alebo cez adsorpciu na filtri s aktívnym uhlím
- odvádzanie a zber výparov, ktoré vznikajú počas procesu impregnácie a ich následné čistenie v systéme čistenia výparových plynov

- zachytávanie výparov, plnenie pod hladinou, odsávanie cez čistiareň výparov
- výpust výparov z tlakových ventilov a odtokových zariadení do systému na zber výparov alebo do systému na čistenie výparov
- zabránenie tvorbe aerosólov vo vákuových čerpadlách
- skladovanie kvapalných organických chemikálií v nádržiach s pevnou zastrešenou konštrukciou s napojeným potrubím na odvádzanie pár, alebo so systémom na čistenie výparov

## 15.6 PREHĽAD NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK A MOŽNOSTÍ OBMEDZOVANIA PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTOK

### 15.6.1 TECHNOLOGIE ZNIŽOVANIA EMISÍ / KONCOVÉ ODLUČOVACIE ZARIADENIA

Množstvo VOC v odpadových plynch z impregnácie dreva je možné znižovať:

- prostredníctvom uhlíkových filtrov, do ktorých sa organické rozpúšťadla adsorbujú a následne je možné ho regenerovať a opätovne použiť vo výrobnom procese;
- biofiltro;
- termickou oxidáciou (regeneratívnou, rekuperatívnou alebo katalytickou), pri ktorej sa VOC tepelne rozložia.

Prostredníctvom koncových odlučovacích zariadení je možné emisie VOC znížiť o približne 95 - 99%.

V prípade termickej oxidácie je potrebný zemný plyn na ohrev zariadenia na jeho prevádzkovú teplotu 800°C. Termická oxidácia potrebuje ako nábehové palivo zemný plyn a v prípade, ak koncentrácia VOC v odpadovom plyne je pod bodom autotermického spaľovania (menej ako 2 - 3 g/Nm<sup>3</sup>), je zemný plyn potrebný aj ako stabilizačné palivo. Teplo vznikajúce pri horení VOC však môže byť kumulované a môže sa ďalej použiť v rôznych iných zariadeniach v rámci výrobného procesu - napríklad na zahrievanie krezolu typu C.

V prípade filtrov s aktívnym uhlím sa musí adsorbent regenerovať každých 3 až 6 mesiacov v závislosti od typu a množstva aktívneho uhlia, požadovanej úrovne emisií a prevádzkových podmienok.

### 15.6.2 NOVÉ IMPREGNAČNÉ SYSTÉMY

#### *Systémy na báze zinku*

Systémy na báze zinku sú veľmi atraktívne kvôli nízkym nákladom zinku, dlhej histórii použitia ako ochrannej látky na drevo a schopnosti formulovať v bezfarebnej forme. Relatívne nízke používanie tohto systému je spôsobené jeho nižšou účinnosťou v porovnaní s výrobkami obsahujúcimi VOC a vysokými nákladmi na registráciu nových konzervačných prostriedkov na drevo.

#### *Systémy na báze hliníka a železa, bóru a zirkónu*

Tieto systémy sú opísané v literatúre a rôznych patentoch ako prostriedky na ochranu dreva. S výnimkou používania zirkónia v Japonsku [Goliath] sú k dispozícii len obmedzené uverejnené informácie o ich používaní a väčšina systémov je stále vo fáze výskumu.

#### *Mikroemulzie – systémy bez kovu*

Mikroemulzie sú organické biocídy. Sú ťažko rozpustné vo vode, vo vode sú suspendované len ako mikroemulzie. Výskum sa zameriava na zmesi rôznych organických biocídov, ktoré môžu byť formulované ako mikroemulzie, aby sa špecificky zameriavali na rôzne druhy organizmov, ktorým môže byť drevo vystavené pri vonkajšom používaní. V súčasnosti sú príliš drahé na použitie v priemyselnom meradle a je potrebný ďalší výskum pre ich uvedenie na trh.

### 15.6.3 NOVÉ TECHNOLOGIE

#### Systém prírodnej ochrany

Zaujímavá, ale málo využitelná, je impregnácia rastlinnými alkaloidy extrahovanými zo stromu Neem, použitie kyseliny salicylovej a dreveného octu, ako bakteriálnych metabolitov a cýst. Konzervačné látky z esenciálneho oleja z borovice sa komerčne predávajú v Japonsku a Austrálii. Široké používanie takýchto výrobkov v priemyselnom meradle je ale obmedzené nákladmi a dostupnosťou zdrojového materiálu. Preto by bolo potrebné vytvoriť rozsiahle plantáže alebo integrovanú technológiu spracovania biomasy, ktorá by produkovala aktívny biocíd ako vedľajší produkt.

#### Superkritický CO<sub>2</sub> ako nosné médium pre biocídy (Dánsko, Supertrae A/S)

Superkritický oxid uhličitý (scCO<sub>2</sub>) sa používa ako 100% rozpúšťadlo bez VOC v zariadení na ochranu dreva v Dánsku a v súčasnosti sa uskutočňuje výskum týkajúci sa životaschopnosti použitia scCO<sub>2</sub> v Austrálii. Dobré výsledky sú dosiahnuté pre rôzne typy dreva, napr. smrek, ale náklady sú stále nejasné.

## ZHRNUTIE OPATRENÍ NA ZNÍŽENIE EMISÍ VOC

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté opatrenia na zníženie emisií VOC:

Cieľ	Opis	
	Impregnačné činidlá na báze rozpúšťadiel	Impregnačné činidlá na báze oleja
Systémy so zníženým obsahom VOC	Impregnačné činidlá na báze vody Superkritický CO <sub>2</sub> Hydrofobizácia	Použitie kreozotu typu C (namiesto typu B)
Optimalizačné procesy	Dvojitá vákuová impregnácia Uzavretý systém Konečné vákuum (odstránenie zvyškov rozpúšťadla) Systém na regeneráciu a recykláciu rozpúšťadiel	Konečné vákuum (odstránenie zvyškov rozpúšťadla) Uzavretý chladiaci systém
Alternatívne postupy	Chemická modifikácia Termická modifikácia	
Koncové odlučovacie zariadenia	Termická oxidácia Filter s aktívnym uhlím Biofilter	-