

# Faipari környezetvédelem és munkavédelem légtechnikai vonatkozásai; Por-forgács újrahasznosítása és energetikai hasznosítása



Nyugat-magyarországi Egyetem  
Faipari Mérnöki Kar  
Gépezeti Intézet

**Németh Gábor**  
egyetemi adjunktus



# A modultéma részének tematikája, bemutatásra kerülő egyes témák

Légtechnikai rendszerek számításának, ellenőrzésének, mérésének módjai

Por-forgács elszívóhálózatokhoz köthető környezetvédelmi előírások és az ehhez kapcsolódó mérések (KS-404 automatikus poremissziós mintavevő készülék bemutatása)

Munkaegészségügyi követelmények, munkahelyi pormérők bemutatása, munkahelyi zajterhelés mérésének bemutatása.

Por-forgács újrahasznosítása és energetikai hasznosítása: Faipari hulladékok kezelése, újrahasznosítása;

Újrahasznosítás és energetikai hasznosítás közti különbségek;

Gyakorlati példa faalapú hulladékok csökkentésére termelés szimulációs szoftver segítségével

# Munkahelyi légtér és a környezetbe kibocsátott por mennyisége és hatásai

## Pontforrásokra vonatkozó rendeletek:

- 14/2001. (V. 9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről *(többszörösen módosítva)*
- 17/2001. (VIII. 3.) KöM rendelet a légszennyezettség és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról

## 5 és 6. számú melléklet a 14/2001. (V. 9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelethez (vonatkozó részek)

### *1. Szilárd anyag és por alakú szerves anyagok*

Légszennyező anyag [CAS szám]	Légszennyező anyag tömegárama [kg/h]	Kibocsátási határérték (légszennyező anyag koncentráció) [mg/m <sup>3</sup> ]
<i>O osztály</i>	0,5-ig	150
<i>szilárd anyag</i>	0,5-nél nagyobb	50

### *36. Farostlemez és faforgácslap gyártás*

#### Szilárd anyag kibocsátási határérték

- csiszológépeknél 10 mg/m<sup>3</sup>
- szárításnál (vonatkoztatási O<sub>2</sub> tartalom 17%) 50 mg/m<sup>3</sup>

#### Gőz- vagy gáznemű szerves anyagok kibocsátási határértékei

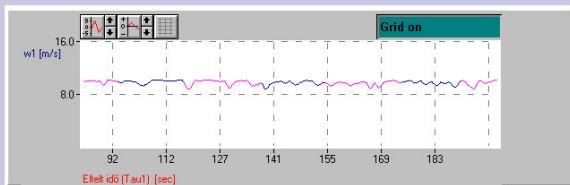
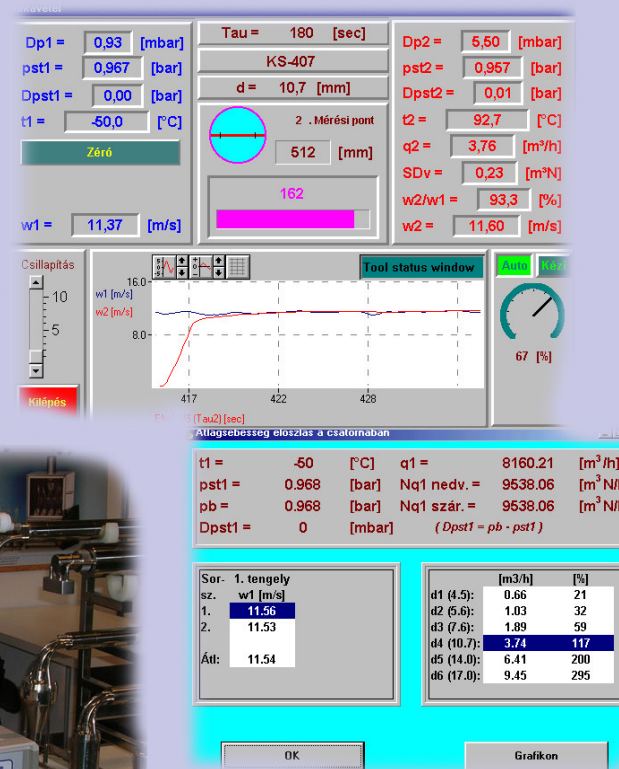
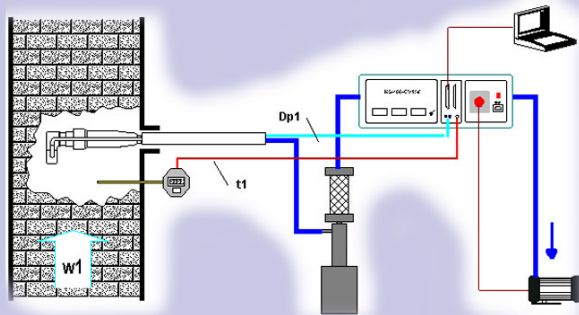
- szárításnál (vonatkoztatási O<sub>2</sub> tartalom 17%) NO<sub>x</sub> 400 mg/m<sup>3</sup>  
CO 150 mg/m<sup>3</sup>

#### Gőz- vagy gáznemű szerves anyagok "A" osztály

#### Formaldehid kibocsátási határérték préselésnél

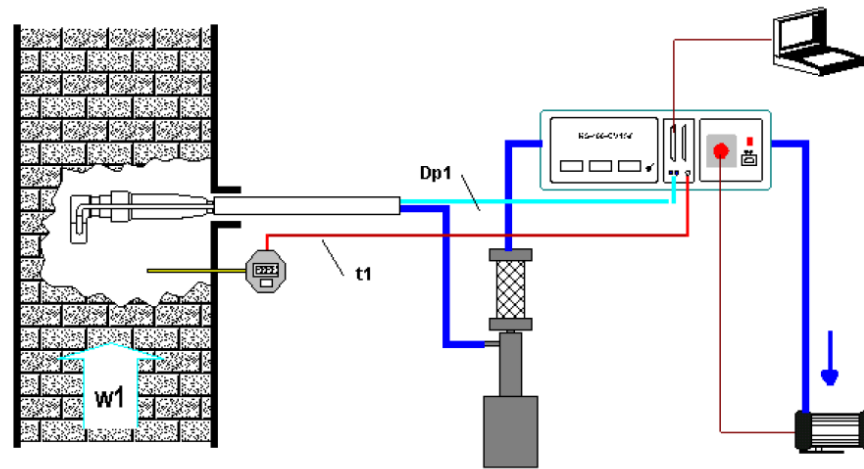
- e rendelet hatálybalépését megelőzően engedélyezett pontforrás esetén 2007. október 30-ig 0,12 kg/m<sup>3</sup> préselt lemez
- e rendelet hatálybalépését követően, valamint 2007. október 30-át követően e rendelet hatálybalépését megelőzően engedélyezett pontforrás esetén 0,06 kg/m<sup>3</sup> préselt lemez

# KS-404 típusú Automatikus izokinetikus szilárdrészecske emissziós mérőkör



MADE BY KÁLMÁN SYSTEM LTD. H-1125 Budapest, Trencséri u. 16.

## A mérés összeállítása



### A mérőkör főrészei:

- ❶ A mérési feladatnak megfelelően változtatható szondafej a beszívócsővel;
- ❷ Haenni össz- és statikusnyomás kivezető szonda a mintavevőcsővel;
- ❸ Venturimérő;
- ❹ Nedvességválasztó és szárítótorony biztonsági végszűrővel;
- ❺ Szárazüzemű vákuumszivattyú;
- ❻ KS-400-CV15/8 mérő és szabályozó egység;
- ❼ Note-book;
- ❽ Hőmérő;
- ❾ Részgázáram leszívótömlők, nyomáselvezetők.

# Fapor a munkahelyi légtérben

A faiparban alkalmazott technológiák során különböző szennyezőanyagok kerülnek a környezetbe. Ragasztási és felületkezelési műveleteknél különböző oldószer gőzök-gázok szabadulnak fel, illetve keletkeznek.

Mechanikai megmunkálás során különböző méretű por-forgács jön létre. Ezeket a szennyezőanyagokat el kell távolítani az üzem légteréből, a dolgozók környezetéből. A megmunkálás helyén maradó nagyobb méretű forgács akadályozhatja a megmunkálást, anyagmozgatást. Kihatással lehet a megmunkálás minőségére is. Ezen kívül balesetveszélyt jelenthet, nem is beszélve a tűz- és robbanásveszélyről.

Az egyik legnagyobb veszélyt a levegőbe kerülő por jelenti az ember számára. A por káros hatását az emberi szervezet számára háromféleképpen fejtheti ki: bőrön át való érintkezéssel, gyomron keresztül és a tüdő útján. A faporok esetében ezek közül a tüdőbe jutó por okozhatja a legtöbb károsodást. A port tehát a keletkezési helyről zárt rendszeren keresztül kell elszállítani.

**Az 1980-as évek közepétől különböző előírások születtek a porelszívással kapcsolatban, miután a német Veszélyes Anyagokat Vizsgáló Bizottság egyértelműen rákkeltőnek nyilvánította a tölgy- és a bükkfaport. A levegő telítettségének határértékét új gépek esetén köbméterenként  $2 \text{ mg/m}^3$  míg régi berendezések munkahelyeinél  $5 \text{ mg/m}^3$ -ben határozták meg.**

**Az Európai Unió irányelvei rákkeltőnek minősítik ugyan a tölgy- és a bükkfaporokat, de egy bizonyos határérték betartásával lehetővé teszik a megtisztított levegő visszatáplálást. A visszatáplált levegő portartalma  $0,2 \text{ mg/m}^3$  lehet.**

**Magyarországon ezidáig semmiféle határértéket nem adtak meg e vonatkozásban.**

**2001. január 1-jén hatályba lépett 25/2000-es, a munkahelyek kémiai biztonságáról szóló rendelet egyik mellékletében a levegőben lévő faporok megengedett belégzési koncentrációja  $1 \text{ mg/m}^3$ , totális koncentrációja pedig  $5 \text{ mg/m}^3$  lehet. Ezt módosította a 13/2002. (XI. 28.) ESzCsM-FMM együttes rendelete, mely csak az  $5 \text{ mg/m}^3$ -es határérték betartását írja elő totális porkoncentrációra.**



**Európában 1981 óta igen kedvezőtlen a faporok megítélése. Több országban és munkahelyen végzett összehasonlító vizsgálat alapján megállapították, hogy nagyon nagy a faipari munkások orrüregi rákosodásának rizikófaktora, ami a keményfák esetében jelentősebb. Későbbi vizsgálatok kimutatták egyes járulékos, illetve fatelítő anyagok rákkeltő hatását, valamint azt, hogy bizonyos nagyságú és alakú fapor irritáló hatása után könnyebben következik be rákos megbetegedés.**

**A porrészecskék a levegőárammal együtt jutnak a tüdőbe légzés közben, és nagy részük a kilélegzett levegővel együtt, vagy a tüdő öntisztulási folyamata révén távozik onnan.**

**A részecskékből egy kevés lerakódhat a tüdőben is, szemcsemérettől, az ütközéstől és az ülepedéstől függően.**

**Orvosi kutatások eredménye szerint a 0,1 – 5  $\mu\text{m}$  tartományba eső részecskék megrekedhetnek az alveoláris járatokban (ez a méret a belélegezhető por méretét takarja). A nagyobb méretű részecskéket az orr, a torok, a légcső, illetve a hörgők nyálkahártyája tarthatja vissza, és a tüdő öntisztító mechanizmusa távolítja el onnan. A 0,1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb részecskék méretük miatt kolloidként viselkednek (molekuláris tulajdonságokkal bírnak).**

**Klinikai, patológiai, anatómiai, illetve epidemiológiai kutatások eredményei (állatkísérletek) azt mutatják, hogy a porok többségénél nem lehet speciális kórképet meghatározni, de valamilyen megbetegedés többnyire fellép.**

**Gyakorlati tapasztalatok, azt mutatják, hogy az úgynevezett „inert” porok is veszélyt jelentenek az egészségre, ugyanis ezek biológiai hatásaik hosszú távúak, és sem fibrogén, sem karcinogén, sem toxikus, sem pedig allergén hatást nem fejtenek ki! Túlságosan nagy mennyiségben a szervezetbe jutva túlterhelik a védő és tisztító mechanizmust, ily módon okozva légzőszervi megbetegedést.**

**Annak mértéke tehát, hogy mennyire veszélyesek a faporok az egészségére, függ:**

- 1. az expozíció nagyságától; ide tartozik: a por típusa, koncentrációja, az expozíció időtartama**
- 2. az egyéni tényezőktől; ide tartozik az érintett személy felépítése, egészségi állapota (ezek alatt értendő: felső légutak működőképessége, tüdő funkciója és szerkezete, általános immunállapot, speciális immun reaktivitás, biokémiai reakcióképesség)**

**A fűrészpor, különösen a keményfákból származó:**

- 1. Reakció típusa: irritáció, immun reakció, rák.**
- 2. Tüdőbetegség: allergiás rhinitis, hörgőasztma, orr- és orrüregi rák.**
- 3. Megfigyelések: bőrgyulladás.**

# A fapor vizsgálatának lehetősége

**Személyi pormintavevő segítségével**

**Leszívott levegő mennyisége:**

**~2,0 l/min**

# Az elszívás hatékonyságát befolyásoló fő tényezők

## 1. Az első tényező a jó hatásfokú elszívó fej kialakítása:

1. Törekedni kell a szerszám jó burkolására, a csekély kiporzási nyitott felületre.
2. Az elszívófejet a por- forgács keletkezési helye közelében kell elhelyezni.
3. A por-forgács mozgási energiáját az elszívó fejnél ki kell használni annak érdekében, hogy ez segítse az elszívó fejbe történő bejutást.
4. Az elszívófej jó kialakítása döntő a kialakuló munkahelyi porexpozíció tekintetében.

## II. A második fontos tényező a jó elszívó rendszer

A munkahelyen keletkező pormennyiségből, ami nem jut be a rendszerbe az a munkahelyen marad, mint szennyezőanyag.

A jó elszívás második fontos kritériuma a megfelelő elszívófej kialakítás mellett a ki-elégítő elszívási sebesség. Ez nem biztos, hogy nagy elszívási sebességet jelent és ez fontos, hiszen ezzel összefüggésben állandó költségként az elszívási energia és a lég-pótlással járó energia költség, mint termelési költség jelentkezik.

## III. A harmadik tényező a szerszám és a megmunkálási paraméterek

Befolyásolják a keletkező por-forgács szemcseösszetételét, leválási sebességét és ezeken keresztül a kialakuló munkahelyi porexpozíciót.

# Gyakorlati méretezés por-forgács elszívásnál

Levegőmennyiség

$$V = A \cdot v$$

A cső keresztmetszet:

$$A = \frac{V}{v} \quad A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

Tényleges sebesség:

$$v_t = \frac{V}{A_{sz}}$$

<b>Anyagfajta</b>	<b>Minimális légsebesség, m/s</b>
facsiszolatpor	15-16
fűrészpor (légszáraz)	16-17
fűrészpor (nedves)	17-20
gyaluforgács	17-18
darabos forgács, apríték	20-25
lakkcsiszolatpor	22-25



Körfűrészgép: a körfűrészlap átmérőjének minden milliméterére 1,4~1,7 m<sup>3</sup>/h

Hasító és sorozatvágó körfűrészgép: 800~1500 m<sup>3</sup>/h elszívófejenként

Szalagfűrészgép: 800 mm tárcsaátmérőnél 720 m<sup>3</sup>/h, nagyobb tárcsa- átmérőnél további 1~5 m<sup>3</sup>/h minden milliméterre

Keretfűrészgép: Keretszélességtől függően 2500~4500 m<sup>3</sup>/h

Egyengető gyalugép: 400 mm-es tengelyhossznál 800 m<sup>3</sup>/h, hosszabb tengelynél további 2,5 m<sup>3</sup>/h minden mm-re

Vastagoló gyalugép: 600 mm-es tengelyhossznál 1000-1200 m<sup>3</sup>/h, 800 mm-es tengelyhossznál 1500~2500 m<sup>3</sup>/h

Marógép, marófej: 1000~1200 m<sup>3</sup>/h

Láncmarógép: 400~600 m<sup>3</sup>/h

Élfurnérozó-fóliázógép marófeje: 400 m<sup>3</sup>/h

Keskenyszalagos csiszológép: 1500 m<sup>3</sup>/h, mellék elszívófejnél: 1000 m<sup>3</sup>/h

Hengercsiszológép: 1500 m<sup>3</sup>/h hengerenként

Korongcsiszológép: 300 mm-es tárcsaátmérőnél 400 m<sup>3</sup>/h; 600~800 mm-es tárcsaátmérőnél 1000~1200 m<sup>3</sup>/h

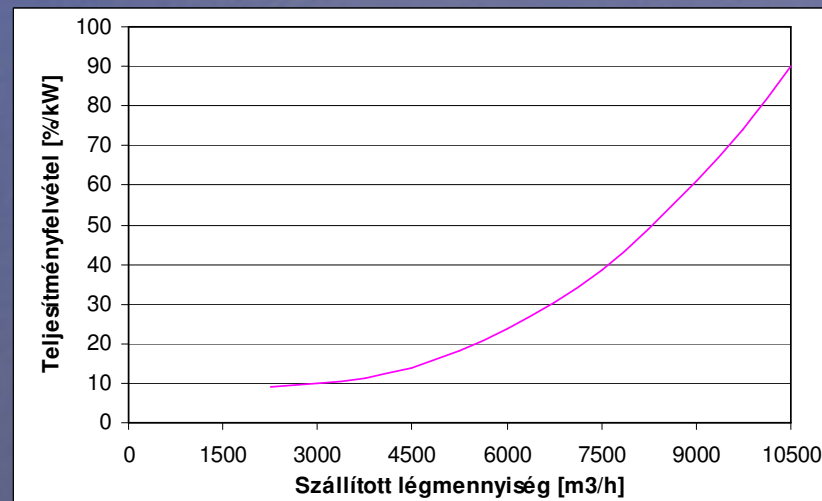
Szélesszalagú csiszológép: 4000~8000 m<sup>3</sup>/h

# Nyomásveszteség általános képlete

$$\Delta p = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{v_t^2 \cdot \rho_l}{2} \cdot c$$

Leválasztókat alapvetően a megtisztítandó levegő mennyisége alapján választunk.

Az összes szakasz számítása után a nyomásveszteségek és légmennyiségek megfelelő összegzését követően lehet ventilátort választani



Energiaszükséglet a szükséges áramlási mennyiség függvényében, 18 frekvenciaszabályozott ventilátor fordulatszám mellett

## Következő témák:

1. Faipari por-forgács elszívóhálózatok  
gyakorlati méretezése

2. Elszívóhálózatok  
kész rendszerek ellenőrzése



# A környezeti és munkahelyi zaj (OMMF 5/2007. számú tájékoztatásának figyelembevételével) **alapjai, vizsgálata**

*Mindazon hangokat, melyek az emberben kellemetlen érzetet keltenek, tevékenységét, nyugalmát zavarják, illetve patológiás reakciókat váltanak ki **zajnak** nevezzük.*

A mindennapi gyakorlatban *jelentős a zajexpozíció az alábbi iparágakban:*

textilipar,  
fémmegmunkálás (lakatos tevékenység)  
gépgyártás  
fémöntvénygyártás  
asztalos és bútorigar  
erdőgazdaság (fakitermelés)  
bányászat

A hangfrekvenciás rezgéseket három csoportba soroljuk:

Infrahangok az 1-20 Hz közötti rezgések.

Hallható hangok a 20 Hz-től 20kHz-ig terjedő rezgések

Ultrahangnak nevezzük a 20 kHz feletti rezgéseket

Mindhárom frekvencia tartományban a hang – hangnyomásszintjétől, frekvenciájától és a behatás időtartamától függően – átmenti, illetve maradandó változásokat okoz az emberi szervezetben. Ezek összességét összefoglaló névvel zajártalomnak nevezzük.

**A zaj színeképe alapján beszélünk:**

*Fehér zajról*, amikor a 20-20kHz-es tartományban valamennyi frekvencia azonos mértékben megtalálható.

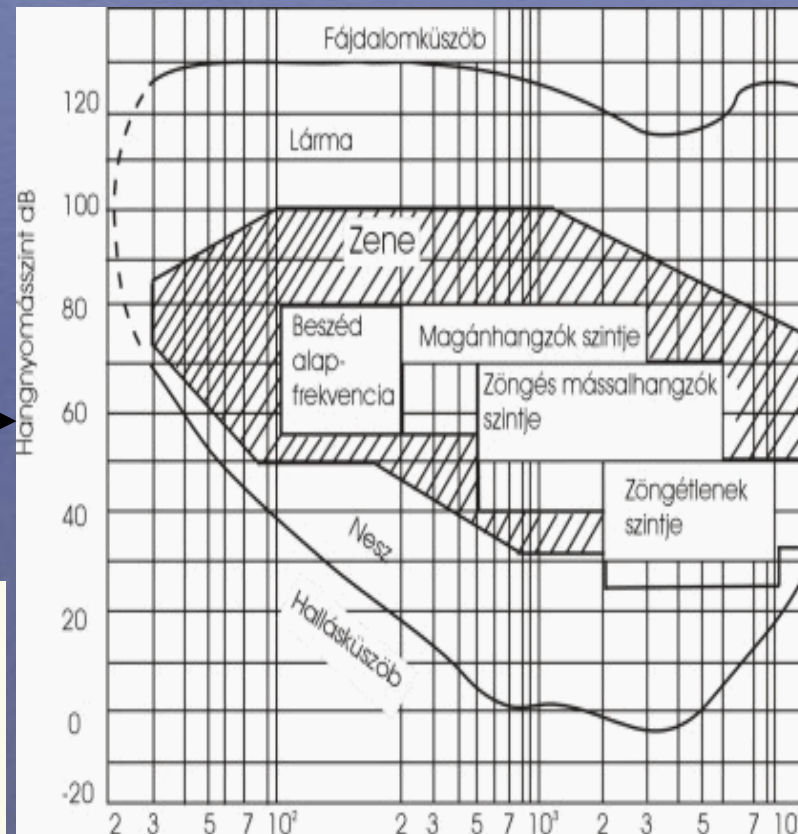
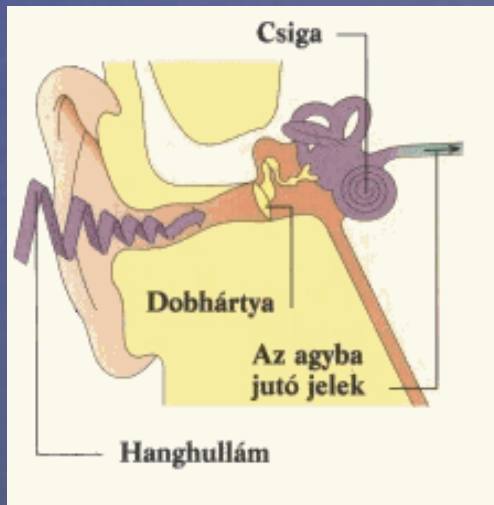
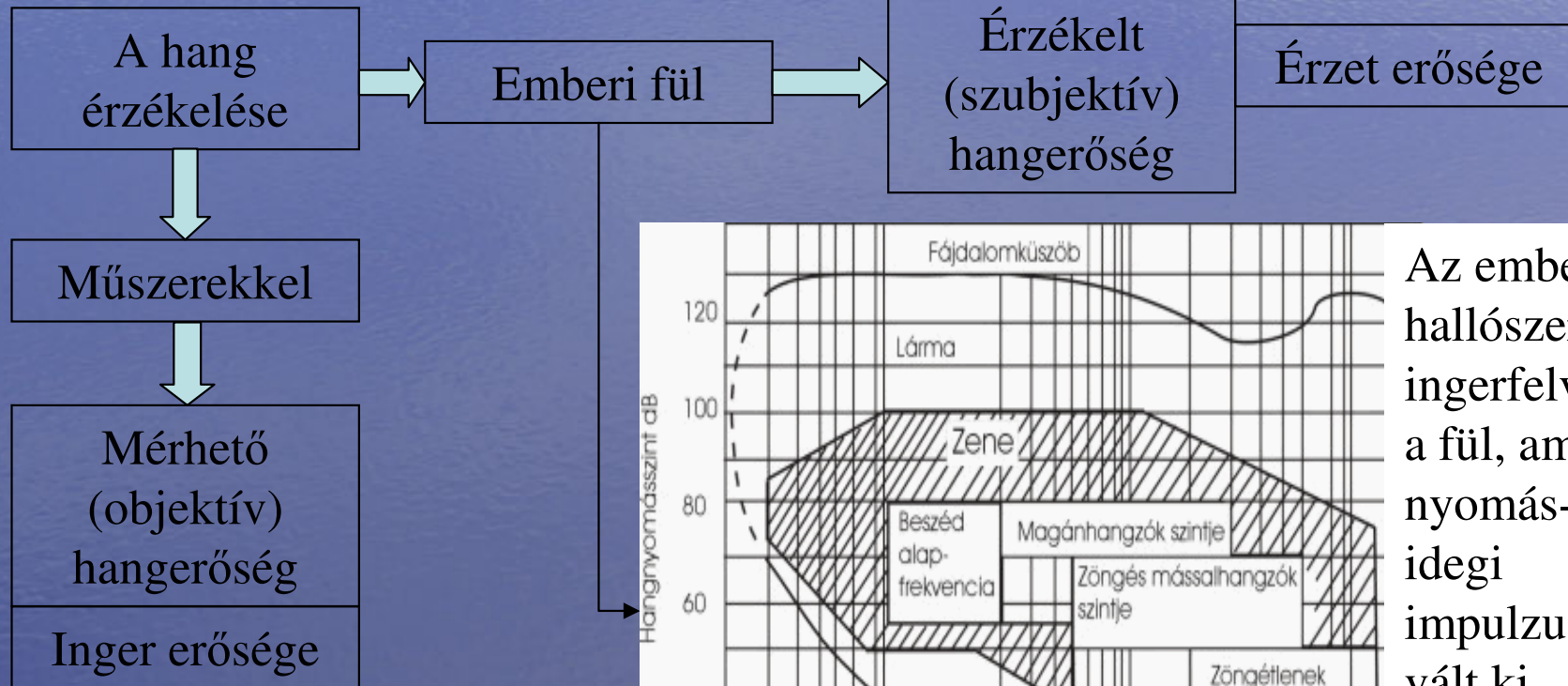
*Tisztahangról*, mely csak egy frekvencia komponenst tartalmaz

*Keskenysávú zajról*, amikor a frekvencia összetevők legfeljebb egy oktávra terjednek ki.

*Szélessávú zajról*, mely több oktávot fog át.

Az emberre gyakorolt hatás szempontjából *a keskenysávú, illetve tisztahang komponenseket tartalmazó zajok veszélyesebbek.*

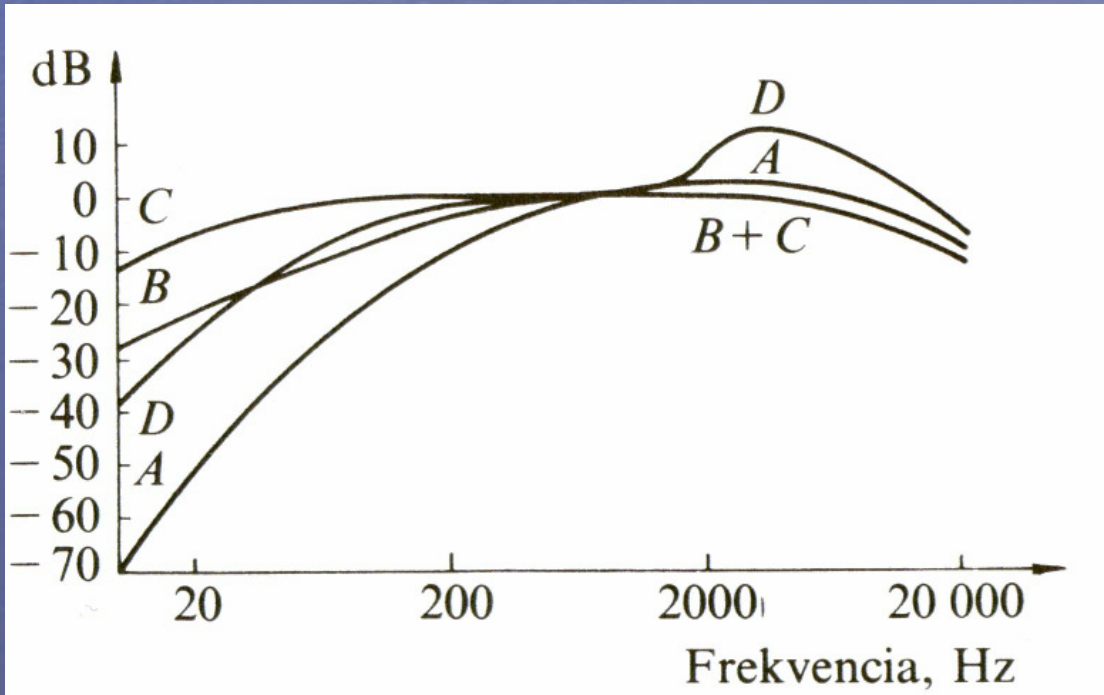
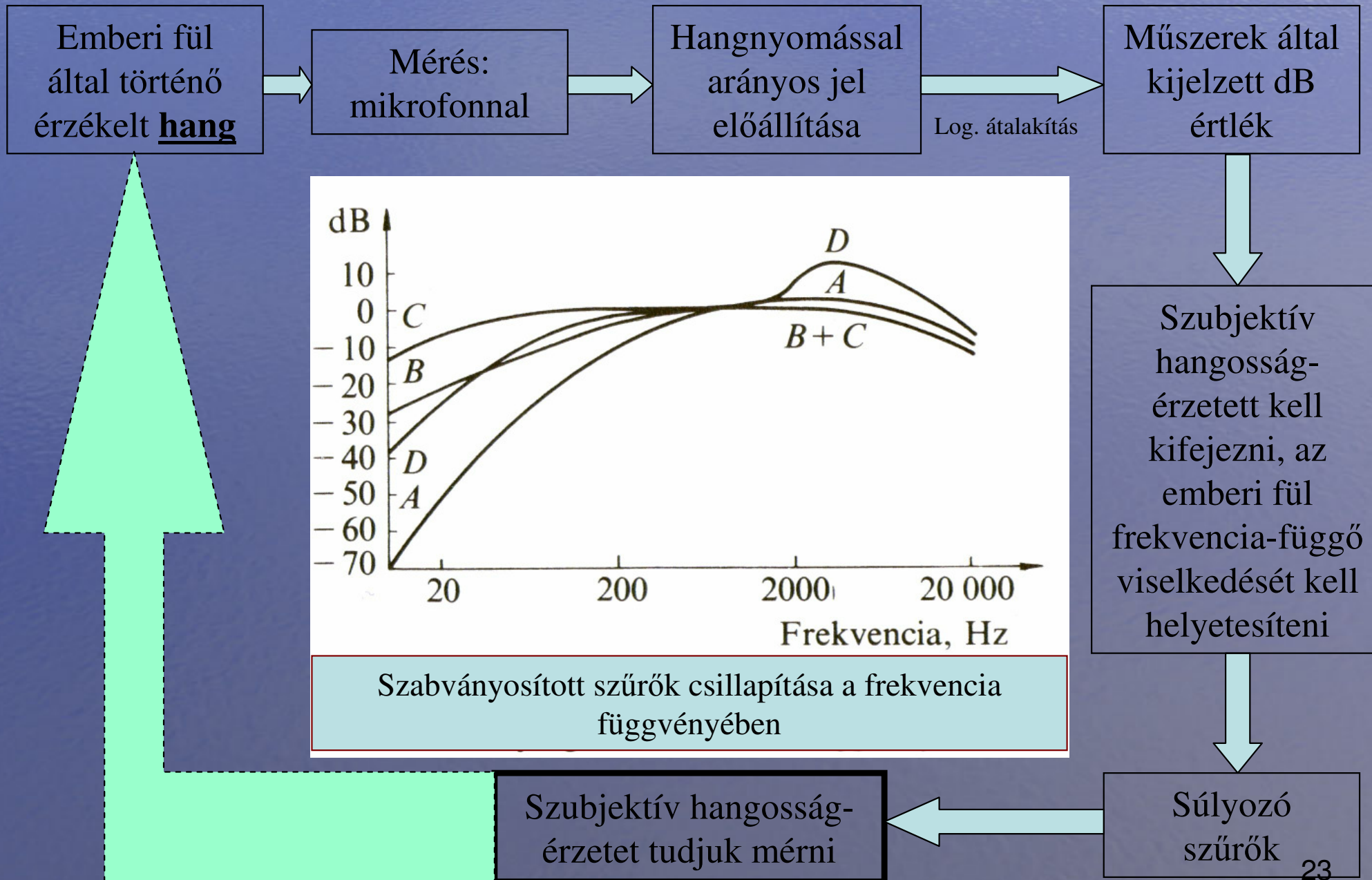
# A hang érzékelése és mérése



Az emberi hallószerv ingerfelvevő szerve a fül, amelyben a nyomás-ingadozás idegi impulzusválaszt vált ki.

A környezeti hanghatások frekvencia és hangnyomás szerinti eloszlását a fenti diagram szemlélteti

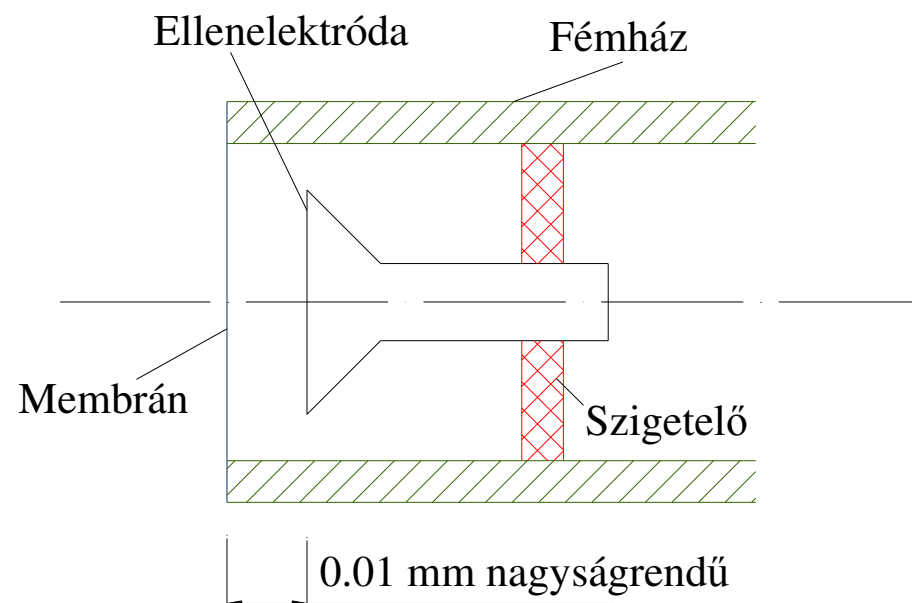
# A hang fizikai jellemzőinek mérése



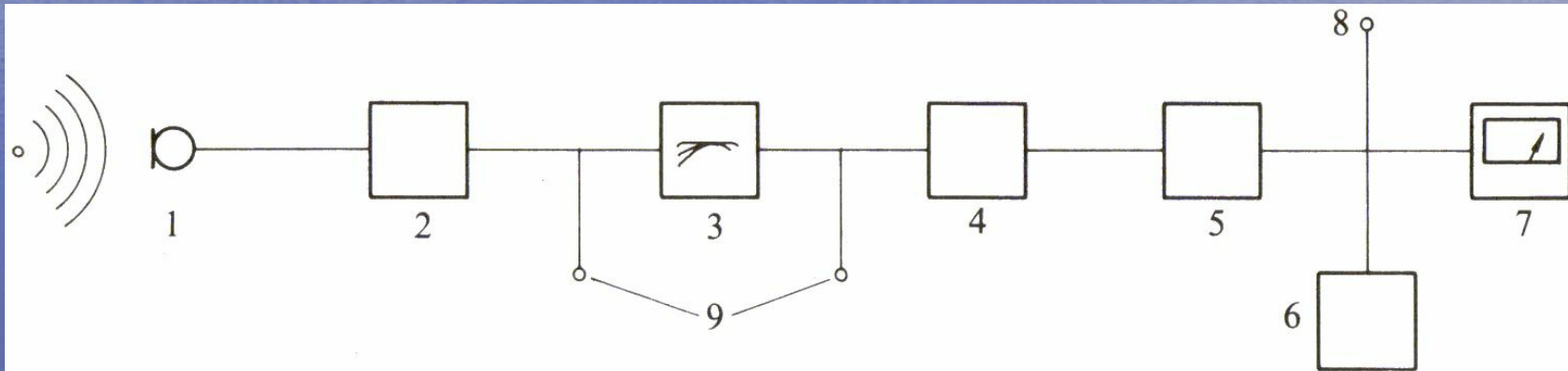
Szabványosított szűrők csillapítása a frekvencia függvényében

## A zaj mérésének rövid fizikai elve

A stúdió- és mérés technika eszköze a *kondenzátormikrofon*. Hengeres fémház belsejében helyezkedik el szigetelten a tárcsaalakú ellenelektroda. A fémház végén kifeszített fémmembrán és az ellenelektroda közötti távolság 0.01 mm nagyságrendű. A mikrofont egyenfeszültségre kapcsoljuk egy igen nagy ellenálláson keresztül. A mozgó, kifeszített membrán okozta kapacitásváltozással arányos váltófeszültség jelenik meg az ellenálláson, amit kiszajú, nagy bemeneti ellenállású előerősítőre vezetünk. A pontos, precíz elkészítéssel, a stabil előfeszültséggel elérhető, hogy a hitelesített érzékenység hosszú ideig állandó legyen.

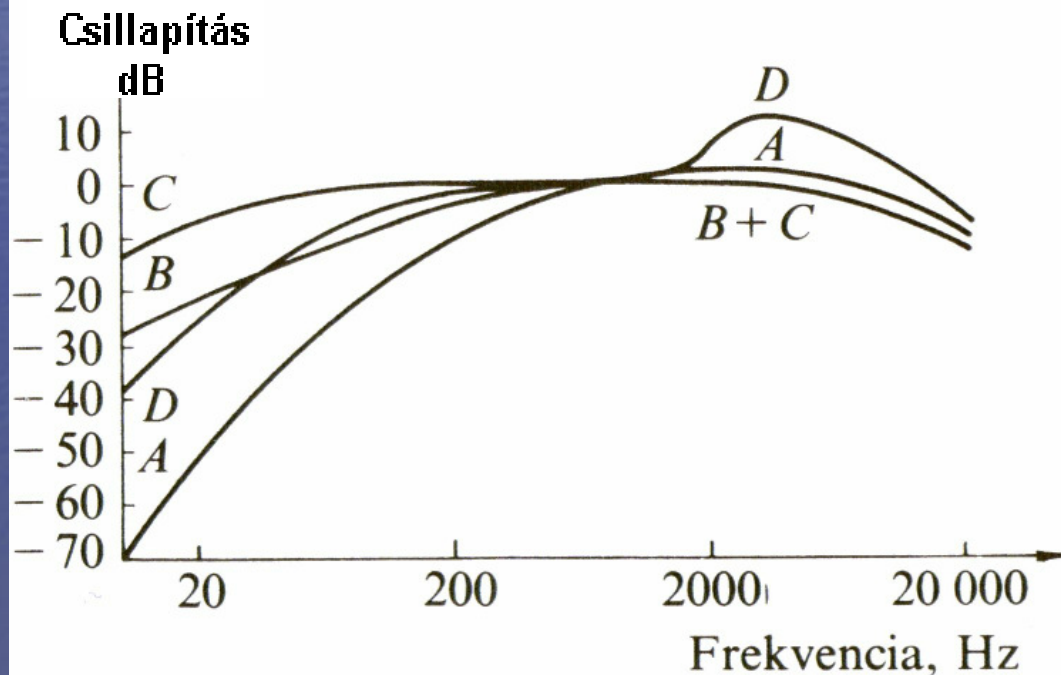






A hangszintmérő vázlatos felépítése

- 1 – hangérzékelő egység (mikrofon), 2 – erősítő, 3 – súlyozó vagy szűrő áramkör, 4 – második erősítő, 5 – négyzetes középérték-egyenirányító (RMS, Root Mean Square egyenirányító), 6 – tartó áramkör, 7 – mérőműszer, 8 – kimenet, 9 – csatlakozó külső szűrő részére

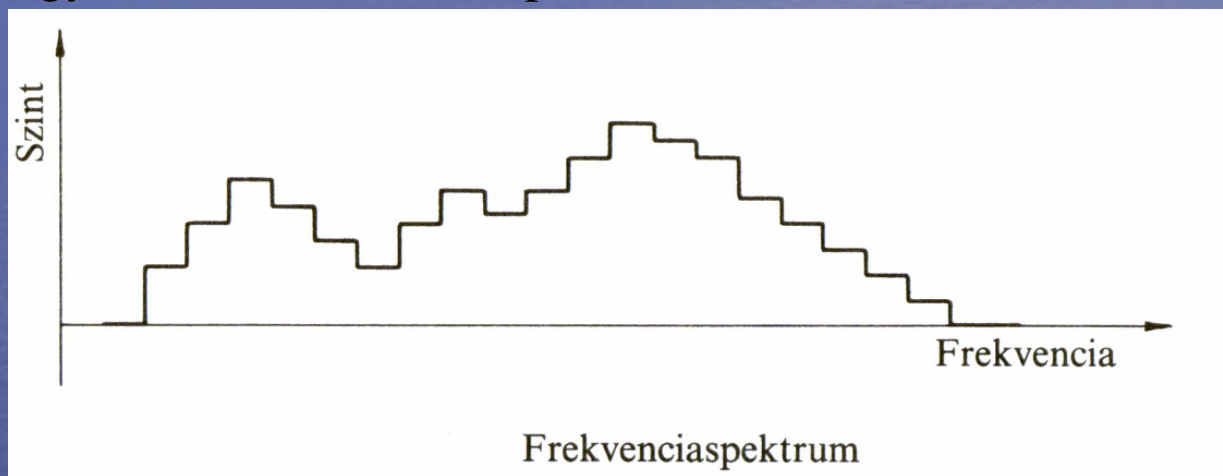


A különböző jelzésű súlyozószűrők érzékenysége a frekvencia függvényében

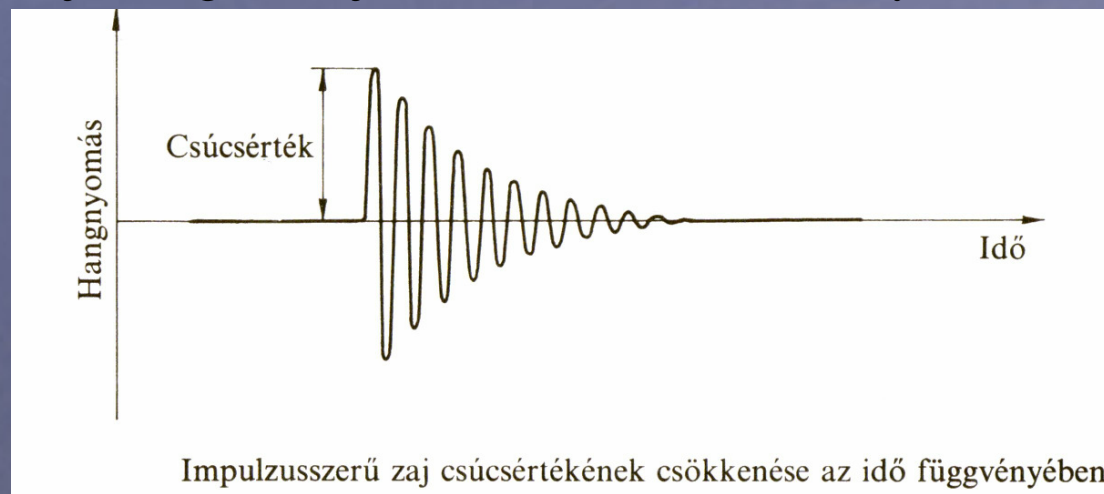
Az azonos hangosságú görbéket az A szűrőáramkör (A szűrő) kis, a B közepes, a C szűrő nagy hangnyomásszinten közelíti meg. A szubjektív érzékelést leginkább az „A” szűrő közelíti meg. Különleges a D szűrő (repülőgépeknél).

- Az emberi fül 3000 Hz környezetében a legérzékenyebb. Kisebb frekvenciák felé haladva az ingerküszöb erősen emelkedik, de nagyobb frekvenciákon is csak az erősebb hangot halljuk meg.
- A környezeti hanghatások frekvencia és hangnyomás szerinti eloszlását az alábbi diagram szemlélteti:

**Frekvenciaszűrők:** Ha egy összetett jelről részletesebb információt kívánunk nyerni, a 20-20 000 Hz közötti frekvenciatartományt oktávsávokra vagy tercsávokra osztjuk. Ez olyan szűrőkkel történik, melyek az adott sáv szélességen kívüli jeleket kiszűrik. Amikor a jelet több frekvenciasávban elemezzük, frekvenciaelemzésnek nevezzük, mely eredménye az úgynevezett frekvenciaspektrum.



**Impulzusszűrők:** Rövid, impulzusszerű hangok vizsgálatánál a hangimpulzusok idejének megrövidülésével a fül érzékenysége is csökken. Ezért kiegészítő áramkörrel egészítik ki a műszert, melynél a érzékenység a rövid idejű hangok idejének csökkenésével arányos. Az ilyen hangszintmérők a jel hatásidejétől független, a csúcsérték mérő áramkört is tartalmaz.



### **Időbeli lefolyásuk alapján megkülönböztetünk:**

- **állandó zajt**, amikor a vizsgálati idő alatt a zajszint ingadozás 5 dB-nél kisebb
- **változó zajt**, melynek szintje 5-10 dB-t ingadozik
- **fluktuáló zajt**, melynél a hang erősségének változása szabályos periódusokban következik be
- **intermittáló zajokat**, melyre az a jellemző, hogy a vizsgált zaj erőssége az alapzaj szintjéig csökken
- **impulzív és impakt zajokat**. Az impakt zajok 25 $\mu$ s-nál rövidebb időtartamúak és elsősorban lőfegyverek használatakor keletkeznek.

A hangérzékelés(észlelés) szintjét **hallásküszöbszint**nek nevezzük. A hang intenzitásának növelésekor egy bizonyos értéket meghaladó hangerő esetén már nem hang-, hanem fájdalomérzet jelentkezik Ezt az értéket nevezzük **fájdalomküszöb**nek. A két érték közötti különbséget nevezzük **hangosság tartománynak**. A hallásküszöbszint minden egyes frekvencián más és más. Minden frekvencián meghatározva annak értékét, megkapjuk a **hallásküszöbgörbét**.

**Hangmagasság (mel)**: a hangok rezgésszáma műszerrel mérhető. A hang érzékelésekor az emberi fül a rezgésszámot hangmagasság formájában észleli. A fül által észlelt frekvencia-tartomány 20-20.000Hz. Az ennél alacsonyabb hangokat infra-, a magasabbakat ultrahangoknak nevezzük. A frekvencia és a hangmagasság érzet egymással logaritmikus összefüggésben vannak (Weber-Fletcher törvény), vagyis a 250-500 Hz-es változást ugyanakkorának érzékeljük, mint az 1000-2000Hz-közöttit.

## Környezetünkben előforduló zajszintek

- A környezeti zajterhelésre vonatkozó törvények és előírások a megengedhető zajok nagyságát dBA mértékegységben adják meg. A dBA egy "abszolút" decibel skála, a viszonyítás alapja a hallásküszöbnek megfelelő hangnyomásszint,  $10^{-5}$  Pa. Az "A" betű azt jelenti, hogy a mérést egy szabványban rögzített (erre utal az "A") átvitelű szűrő után kell mérni, ami "leutánozza" a fül frekvencia-szerinti érzékenységét.
- A szakértők szerint a tartósan 85 dBA fölötti zajterhelés halláskárosodáshoz vezet. Minél nagyobb a zajszint, annál rövidebb idejű terhelés elegendő a halláskárosodás bekövetkezéséhez. Az amerikai felmérés szerint 85 dBA-nak maximum 8 óráig, 110 dBA terhelésnek maximum 29 másodpercig tehetjük ki magunkat, maradandó károsodás nélkül.

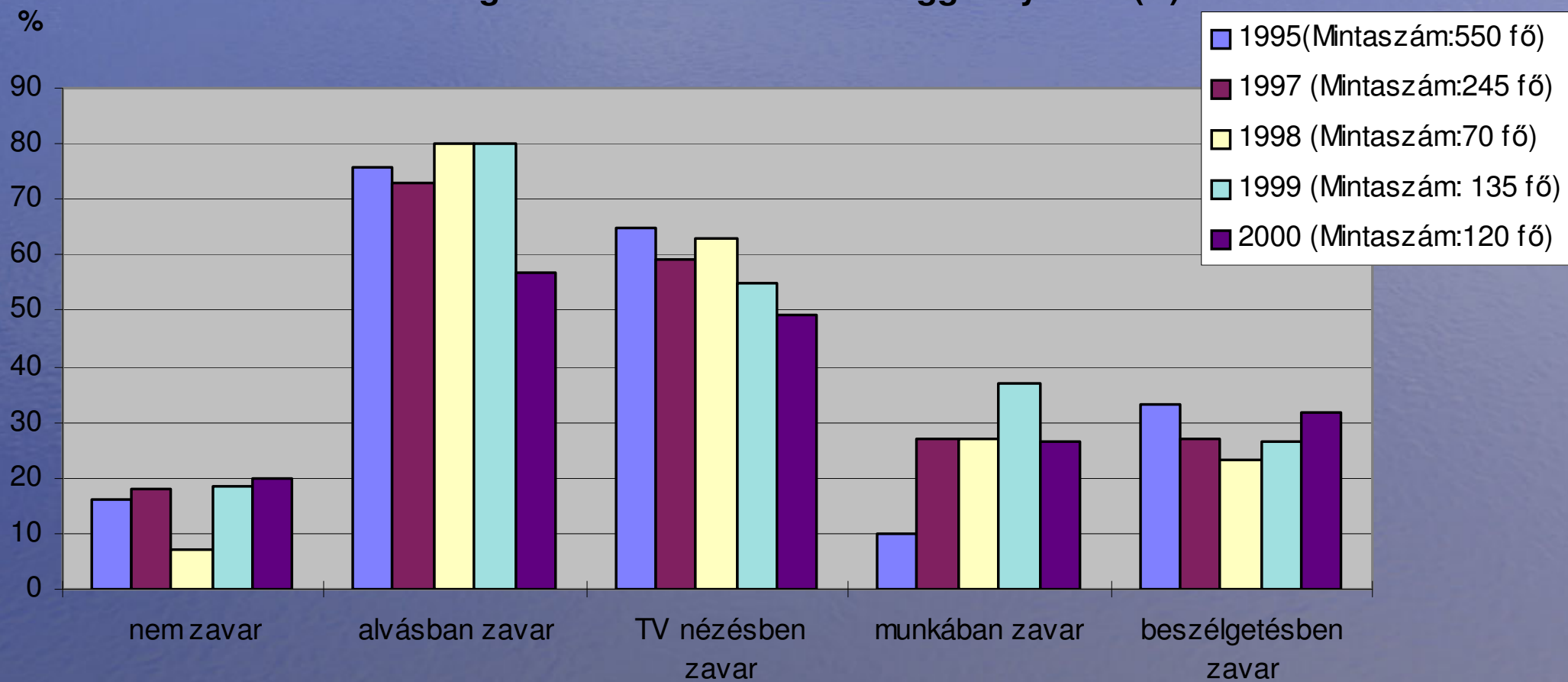
## **A zaj hatása az emberi szervezetre (LOHMANN 1956):**

- 30 dB zajszint: Pszichés károsodás
- 65 dB zajszint: Vegetatív károsodás (pl.: keringési zavarok)
- 90 dB zajszint: Hallószervi károsodás
- 120 dB zajszint felett fájdalom küszöb
- 120-130 dB-es hirtelen hanghatás: hallás maradandó csökkenése
- 160 dB dobhártyarepedés
- 175 dB „halálos adag”

## Környezetünkben előforduló hangnyomásszintek

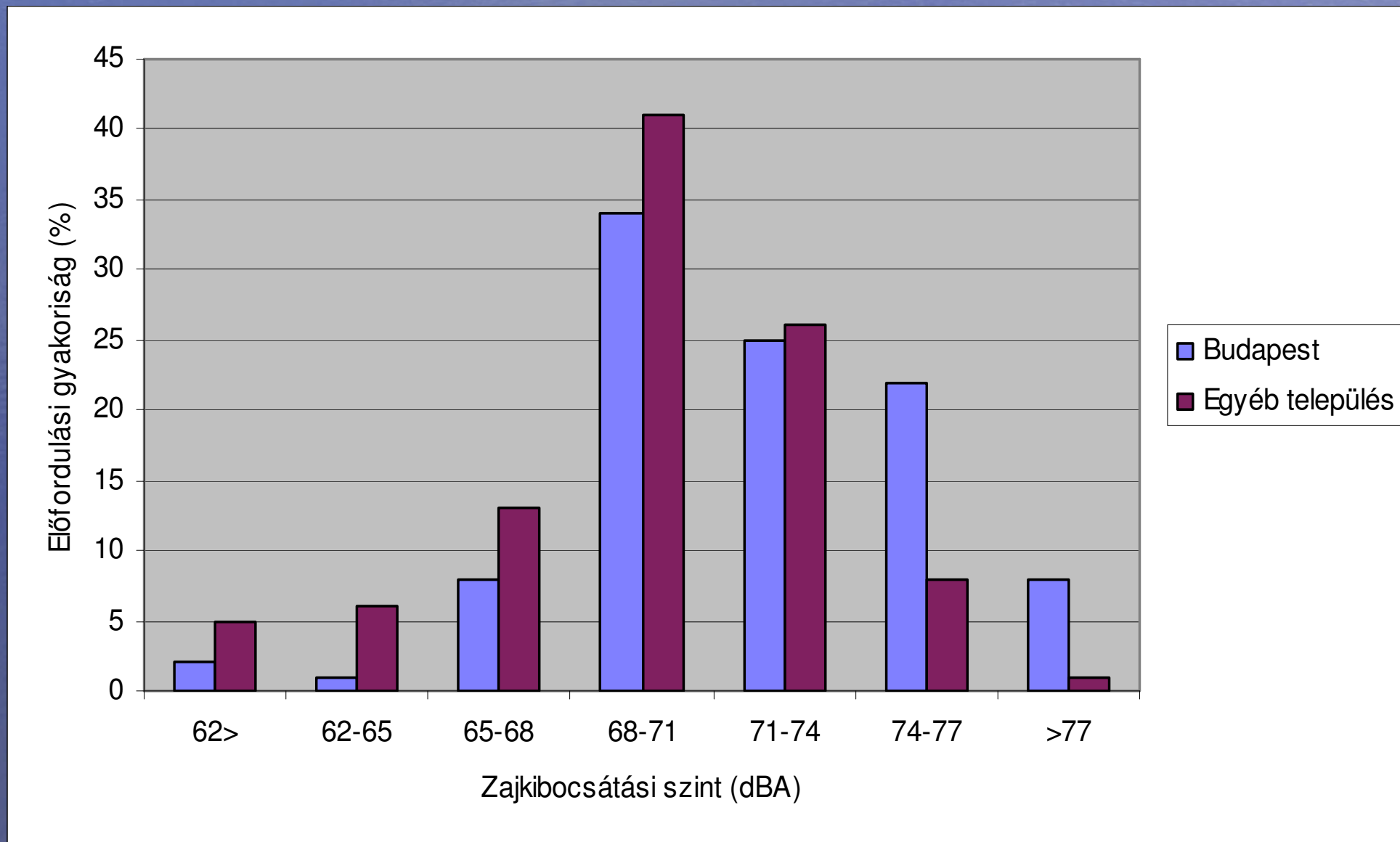
<b>háztartási</b>	<b>dBA</b>	<b>munkahelyi</b>	<b>dBA</b>	<b>szabadidő</b>	<b>dBA</b>
hűtőszekrény	50	háttérzaj csendes irodában	40	csendes lakóövezet	40
mosógép	50-75	háttérzaj nagy irodában	50	kisforgalmú út	70
légkondicionáló	50-85	kézi szerszámok	80	nagy forgalmú út	85
porszívó	60-85	metró	90-115	kamion, ordítás	90
hajszárító	60-95	traktor	90	motorkerékpár	95-110
TV hang	70	elektromos fűrő	95	disco	110
ajtócsengő, telefoncsengő	80	nagyüzemi alapzaj, fakitermelés	100	szimfónikus zenekar	110
turmixgép	80-90	hótoló dömper	105	autóduda	110
csecsemő sírása	110	légkalapács	120	rock-koncert	110- 120
		zenekar ütős szekció	130	walkman	112
		felszálló repülőgép	140	futballmeccs	117

## "Milyen tevékenységben zavar a zaj" kérdésre adott válaszok a megkérdezettek számának függvényében (%)

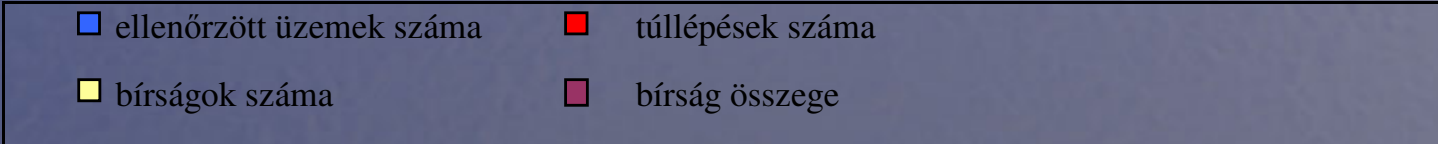
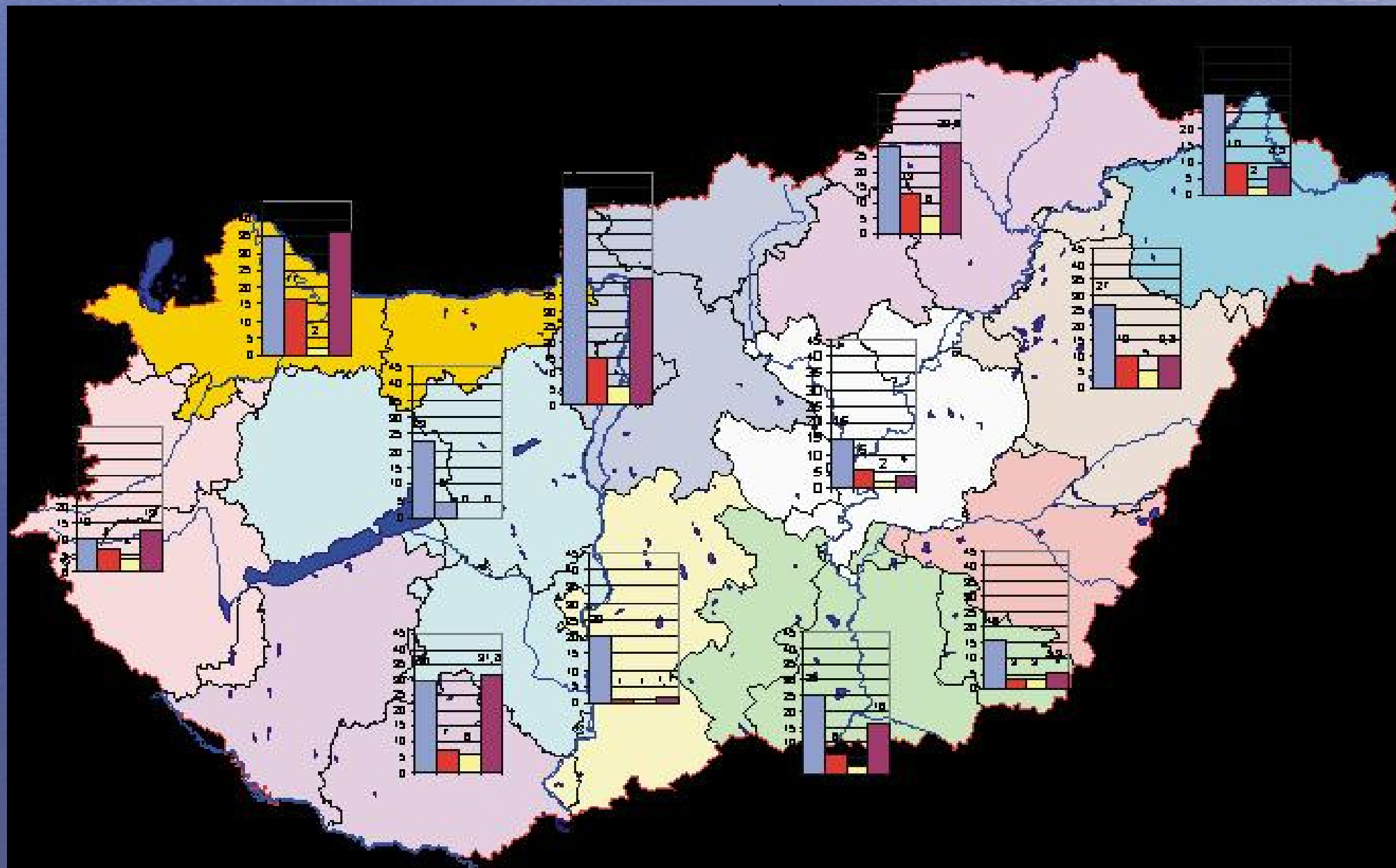




# A főforgalmú utak zajkibocsátási szintjei csúcsforgalmi időszakban (Forrás: KGI Környezetvédelmi Igazgatóság)



# Az ipari zajforrások vizsgálata 2001-ben (Forrás: KGI Környezetvédelmi

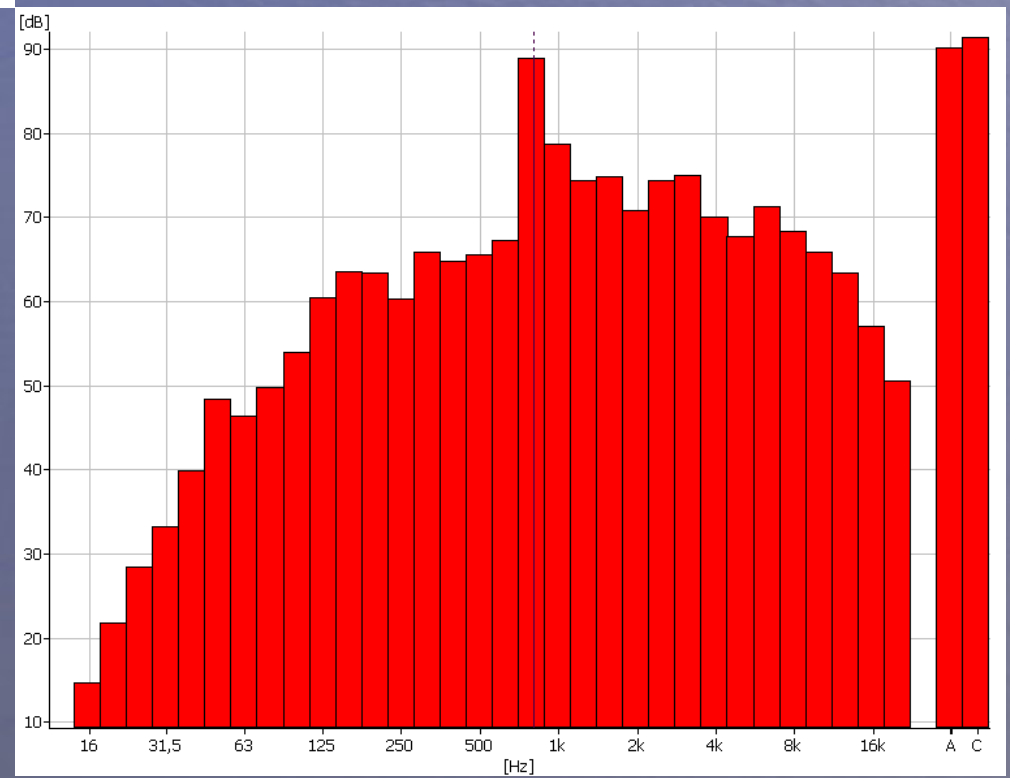
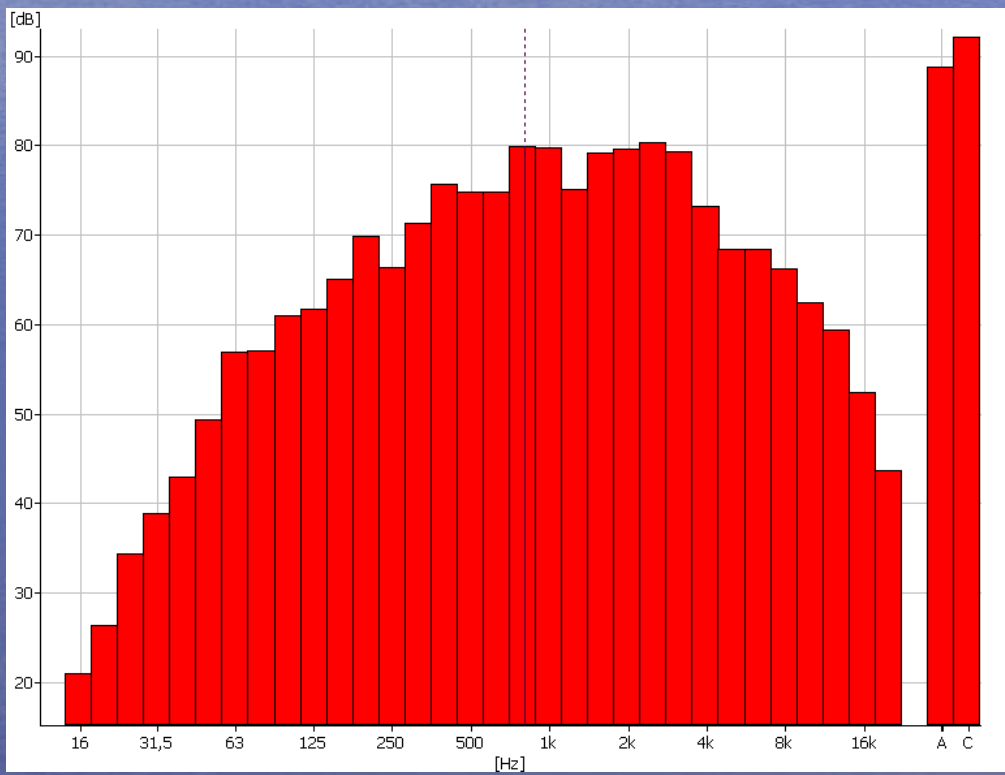


A gyakorlatban a zaj frekvencia összetevőinek a hallószervre gyakorolt eltérő hatását komplex szűrők alkalmazásával értékeljük. A munkahelyi zaj vonatkozásában alkalmazott szűrők az „A” és a 2006-tól bevezetett „C” szűrő.

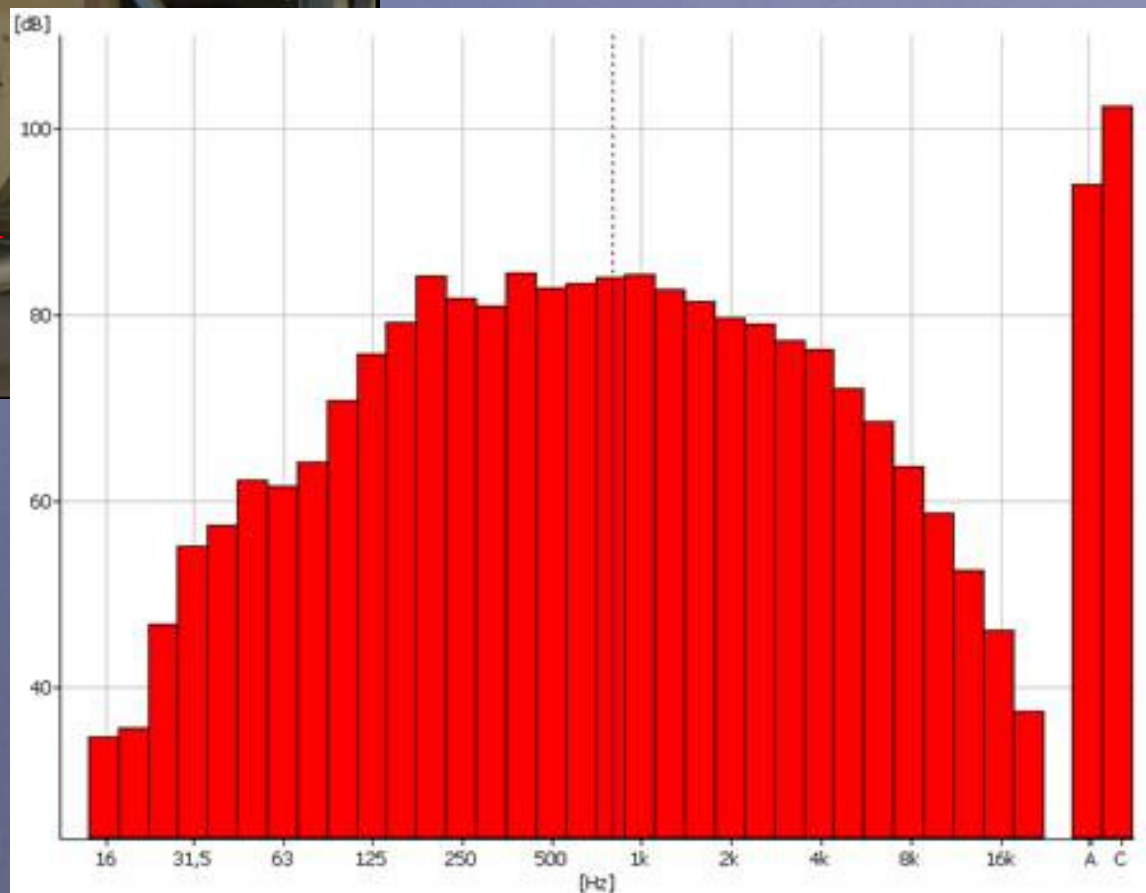
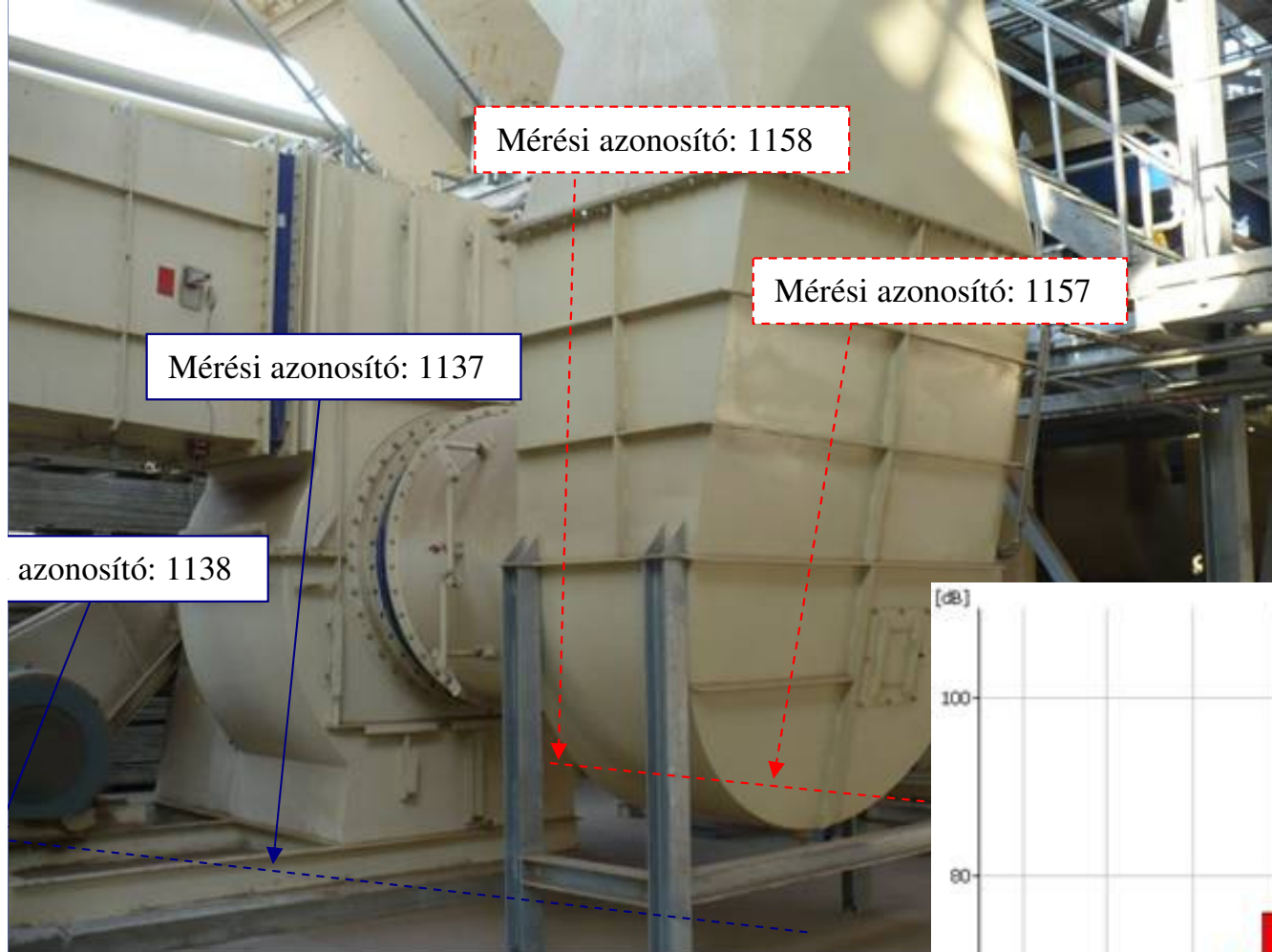
Az „A” szűrővel mérjük az egyenértékű zajszintet. Ennek a szűrőnek az alkalmazásakor a 250Hz alatti frekvenciájú zajok veszélyességét alábecsüljük. Ilyen zaj mérhető dízel motorvizsgáló állomásokon, valamint gépjárművek vezetőfülkéjében.

Ennek felismerésén alapul a legnagyobb zajszint meghatározásánál, valamint a védőeszköz megfelelőségének számításánál a „C” szűrő alkalmazásának bevezetése.

# Frekvenciadiagramok

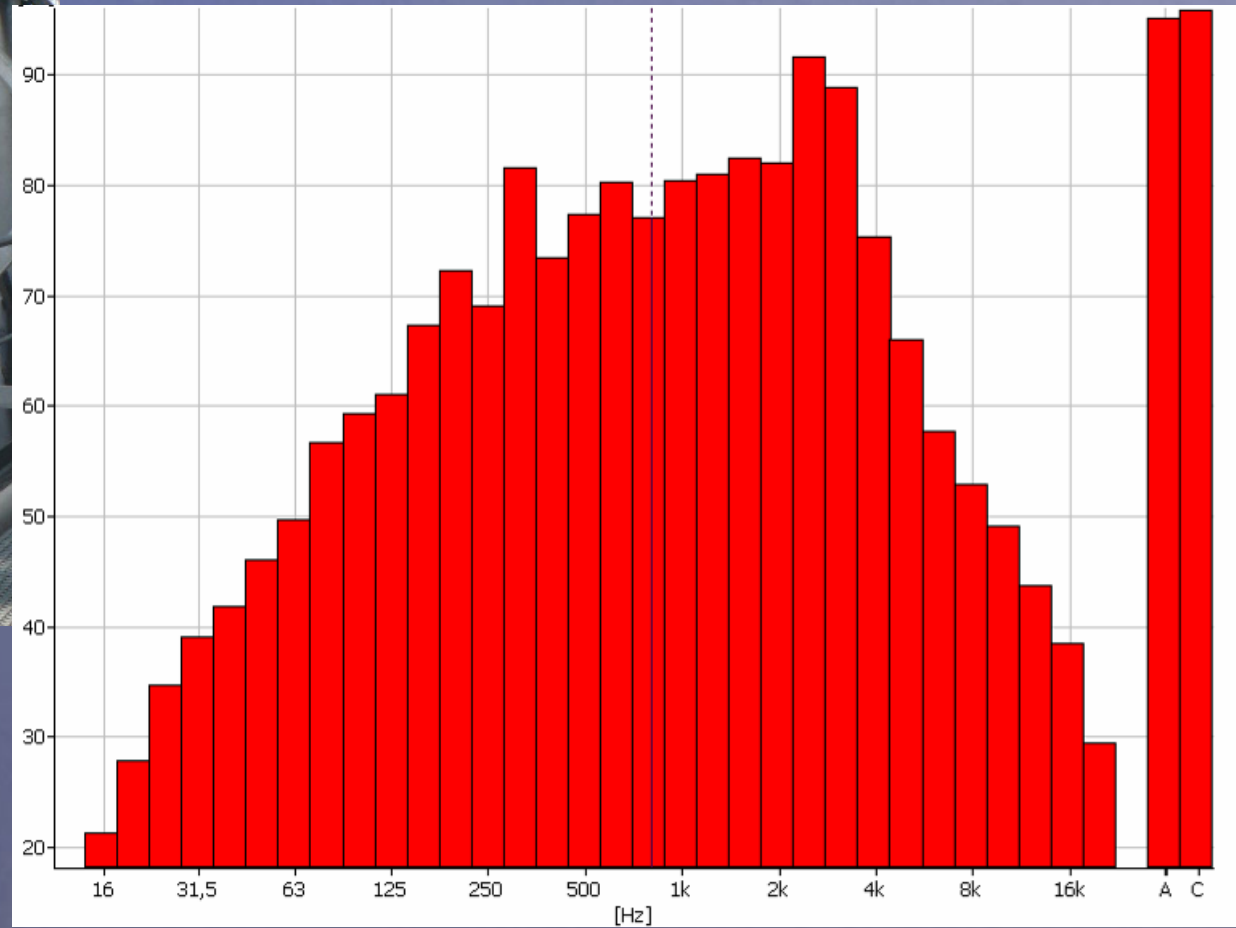


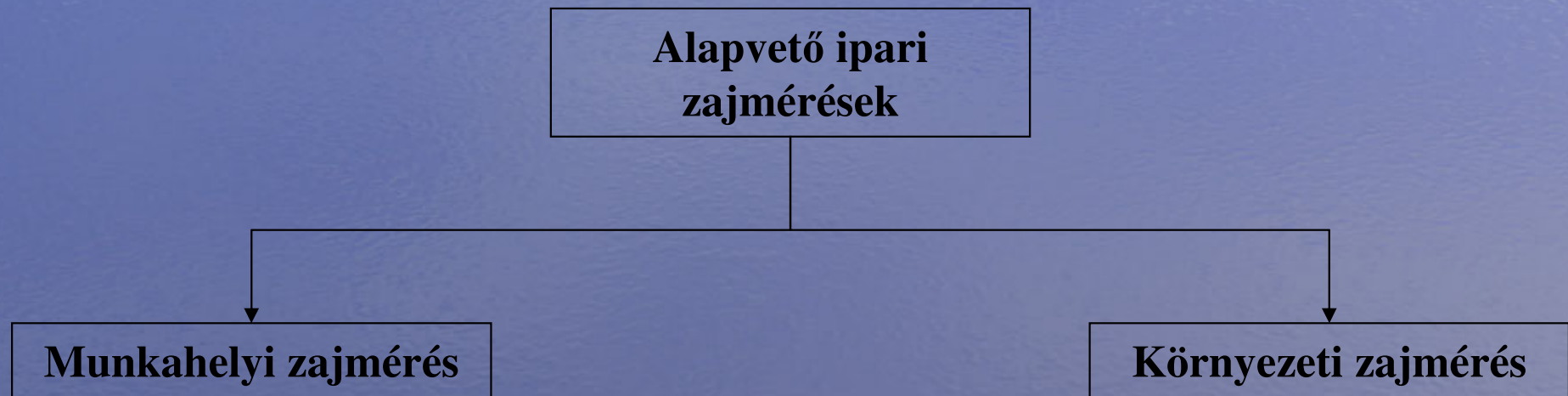
# Ventilátorok által keltett zaj





## *Csövekben történő áramlás által keltett zaj*



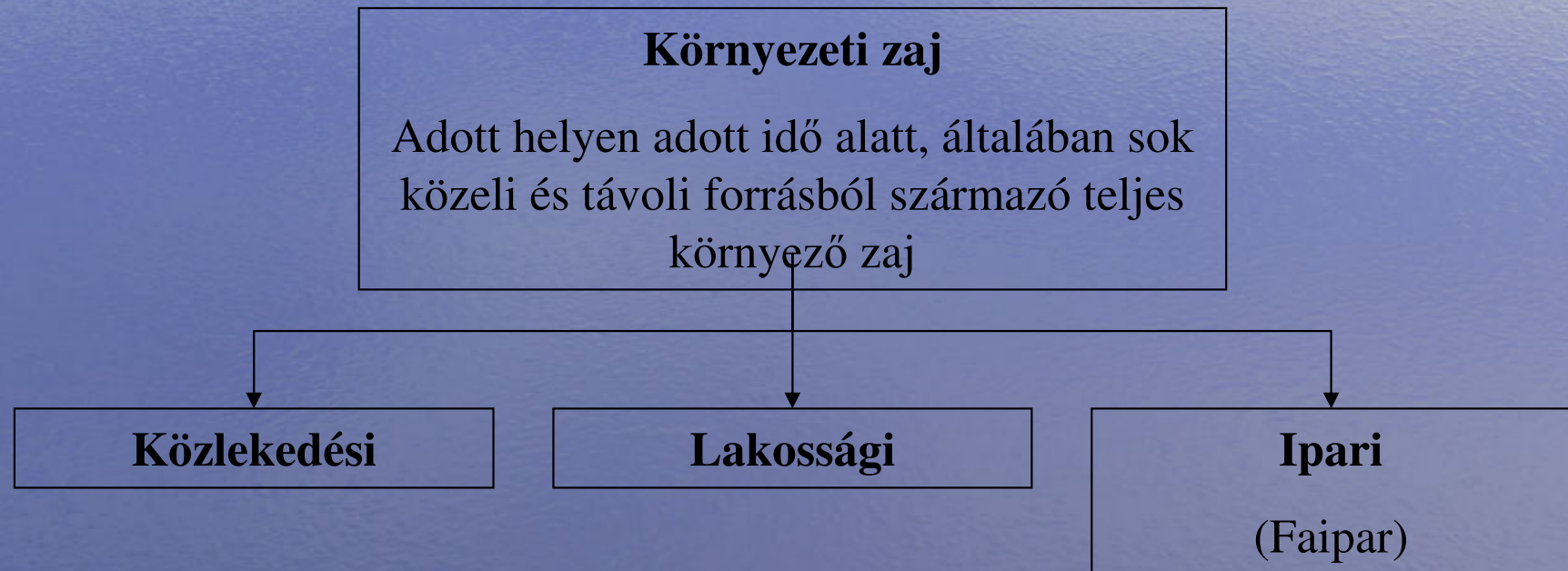


**Miért kell  
zajmérést végezni?**

**Munkavédelem**  
**(Zajexpozíció  
okozta kockázatok  
minimalizálása)**  
**(OMMF felé  
adatszolgáltatás)**

**Környezet védelme**  
**„A Környezetben  
élők védelme”**  
**(Környezetvédelmi  
Főfelügyelőség felé  
adatszolgáltatás)**





**Azonosítható zaj:** A környezeti zaj egy olyan összetevője, amely akusztikai eszközökkel azonosítható és egy bizonyos forráshoz rendelhető.

**Háttérzaj:** A környezeti zajnak azt a részét, amely egy vagy több azonosítható zaj elhagyása után marad háttérzajnak nevezzük (nem a vizsgált zajforrás okozza: alapzaj)

**Alapállapot zaja:** A környezeti zaj, amely egy területen az adott helyzet bármilyen változtatása előtt jelen van.

**Zaj:** Olyan hang, amely nem kívánatosnak, zavarónak, kellemetlennek vagy károsnak minősül.

**Nesz:** A környezet szokásos zajszintjét el nem érő zaj.

**Lárma:** A környezet szokásos zajszintjét meghaladó zaj.

**Állandó zaj:** Olyan zaj, amelynek A-hangnyomás szintje meghatározott helyen, az idő függvényében legfeljebb 5 dB-el ingadozik.

**Változó zaj:** Olyan zaj, amelynek A-hangnyomás szintje meghatározott helyen az idő függvényében 5 dB-nél nagyobb mértékben ingadozik.

**Véletlen zaj:** Olyan változó zaj, amelynek hangnyomásszintje az idő függvényébe véletlen jelleggel folyamatosan ingadozik.

**Impulzusos zaj:** Olyan zaj, amely egy vagy több – egymást 10 ms-nál nagyobb időközzel követő – hangimpulzusból tevődik össze.

**Szakaszos zaj:** Olyan zaj, amely tartós hangokból tevődik össze, és hangnyomásszintje a magfigyelési idő alatt többször meredeken csökken a környezet szokásos zajszintjéig.

**Zajforrás:** Olyan hangforrás, amelynek hangja valamilyen szempontból zajnak minősül.

**Zajkibocsátás (zajemisszió):** A zajforrás működése nyomán keltett hangszórás

**Zajterhelés (zajimisszió):** A zajforrások által okozott fizikai hatás meghatározott helyen. Rendszerint az ember tartózkodási helyén.

**Megengedett zajszint:** A zaj hangnyomásszintben vagy A-hangnyomásszintben kifejezett határértéke. Két fogalom gyűjtőneve: Megengedett zajkibocsátási határérték, és a megengedett zajterhelési határérték

**Hangnyomásszint, decibelben:** a következő képlettel számítható hangnyomásszint:

$$L_p = 10 \cdot \lg \left( \frac{p}{p_o} \right)^2,$$

ahol:

$p$ : a hangnyomás effektív értéke, pascal

$p_o$ : a vonatkoztatási hangnyomás ( $2 \cdot 10^{-5} \mu\text{Pa}$ )

**A-Hangnyomásszint, decibelben:** a következő képlettel számítható hangnyomásszint:

$$L_{pA} = 10 \cdot \lg \left( \frac{p_A}{p_o} \right)^2,$$

ahol:

$p_A$ : a A-hangnyomás effektív értéke, pascal

$p_o$ : a vonatkoztatási hangnyomás ( $2 \cdot 10^{-5} \mu\text{Pa}$ )

**Zajkibocsátási (zajemissziós) Hangnyomásszint,  $L_{AE}$ , dB:** A zajkibocsátásnak a mérőfelület egy pontjára vonatkozó jellemzője.

**Megengedett zajkibocsátási határérték,  $L_{KH}$ , dB:** Az üzem által okozott zajnak a mérőfelületen megengedett legnagyobb értéke, melynek a mérőfelület minden pontján teljesülnie kell.

**Alapzaj A- hangnyomásszintje,  $L_{Aa}$ , dB:** Alapzaj egyenértékű A-hangnyomásszintje,  $L_{aaeq}$ , dB.

A-hangnyomásszint, vagy egyenértékű A-hangnyomásszint, amely nem a vizsgált üzemtől ered.

**Megítélési idő,  $T_{M1}$ , [s]:** Időtartam, melyre az egyenértékű A-hangnyomásszintet vonatkoztatni kell. (nappal: 8 óra, éjjel 1/2 óra)

**Mérőfelület (általánosan, régi szabványok alapján):**

- Az üzem telekhatárával általában párhuzamos, attól „d” távolságban (mérőtávolság) elhelyezkedő sík felület. A felület szélességét az üzem egymás melletti oldalaihoz tartozó mérőfelületek metszésvonala, magasságát pedig a telek (alaplap) középpontjából (súlypontjából induló 15°-os egyenesek, illetve a legmagasabb üzemi zajforrást a legmagasabb védendő épület tetejével összekötő egyenesnek a függőleges síkkal való metszéspontjai közül a magasabb határozza meg. Beépítettlen területen a megengedett beépítési magasságokkal kell számolni.
- $d = 10$  m vagy 0-100 m.
- 0-100 m ha van 100 m-en belül zajtól védendő épület akkor homlokzata előtt 2 m-re.
- Ha a nyílászáró és a zajforrás távolsága kisebb 6 m-nél akkor a távolság 2/3 részén de min. 1 m-re a nyílászárótól.
- A mérőfelület részekre bontható.

### **Mérési pont a mérési felületen:**

- Célszerű 3 ponton, lehet kiegészítő helyeket felvenni, de elég lehet 1 ponton mérni, a kritikus ponton.
- Magassága: 1,5 m

### **A zajforrások működési körülményei:**

- Szokásos üzemi körülmények.
- Nyílászárók nyitva tartása. „Kivétel ha az az épület rendeltetésénél fogva állandó szellőztetést nem igényel és nyílászárói nyáron is zárva vannak.”

### **Mérési idő megválasztása, $T_m$ :**

- A mérési idő ( $T_m$ ) elvileg azonos a ( $T_{M1}$ ) megítélési idővel
- $T_m$  min= 10 perc
- Idő függvényében állandó zajok esetében néhány perc.

### **Vizsgálat végrehajtása:**

- Megfelelő zajmérő
- Zajmérő kalibrálása
- Meteorológiai viszonyok:
  - max. 6 m/s (21.6 km/h) szélsébség
  - kis légmozgásnál szélvédő sisak a mikrofonra

# Az egyenértékű A-hangnyomásszint ( $L_{Aeq}$ ) meghatározása:

$$L_{Aeq} = L_{Aeq,mért} + K_a,$$

$L_{Aeq,mért}$ : mért egyenértékű A-hangnyomásszint,  
 $K_a$ : alapzajkorrekció,

$$K_a = 10 \lg(1 - 10^{-0,1\Delta L_A}) \text{ és}$$
$$\Delta L_A = L_{Aeq,mért} - L_{Aaeq}$$

(„Apróbetűs rész”: Ha  $\Delta L_A$  kisebb mint 3 dB, akkor a vizsgált zajforrásból származó zaj egyenértékű A-hangnyomásszintje az alapzajtól függetlenül nem határozható meg. Ebben az esetben a  $K_a$  korrekció nem alkalmazható, és a vizsgálati eredmény nem határozható meg. Ilyenkor azt lehet kijelenteni, hogy a vizsgált zaj egyenértékű A-hangnyomásszintje kisebb az alapzaj A-hangnyomásszintjénél.)

Az alapzajt ( $L_{Aaeq}$ ) a vizsgált zajforrás kiiktatása után lehet mérni, vagy ott ahol a vizsgált zajforrás zaja nem észlelhető (mérési ponton fellépő alapzajjal feltételezhetően azonos ponton)

# Zajkibocsátási A-hangnyomásszint meghatározása.

$$L_{AM} = L_{Aeq} + K_{imp} + K_{ton},$$

ahol:

$L_{AM}$ : megítélési egyenértékű A-hangnyomásszint,

$K_{imp}$ : az impulzuskorrekció,

$K_{ton}$ : keskenysávú korrekció

Az impulzuskorrekció alkalmazható, ha:

$$(L_{AI_{max}} - L_{AS_{max}}) \geq 3 \text{ dB}$$

ahol:

$L_{AI_{max}}$ : a műszer impulzusos (I) időállandójával meghatározott legnagyobb A-hangnyomásszint, dB

$L_{AS_{max}}$ : a műszer lassú (S) időállandójával meghatározott legnagyobb A-hangnyomásszint, dB

Ha az előbbi reláció teljesül (ha nem, akkor  $K_{imp} = 0$  dB):

$$K_{imp} = \frac{2}{3} (L_{AI_{max}} - L_{AS_{max}}) \leq 6.$$

A keskenysávú korrekció alkalmazható, ha: a zaj szubjektív megítélés alapján tisztahangú összetevőket tartalmaz (búgó, sivító hangok)

# Környezeti zajra vonatkozó határértékek

## 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelet a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

1. számú melléklet a 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelethez

Üzemi létesítményektől származó zaj terhelési határértékei zajtól védendő területeken

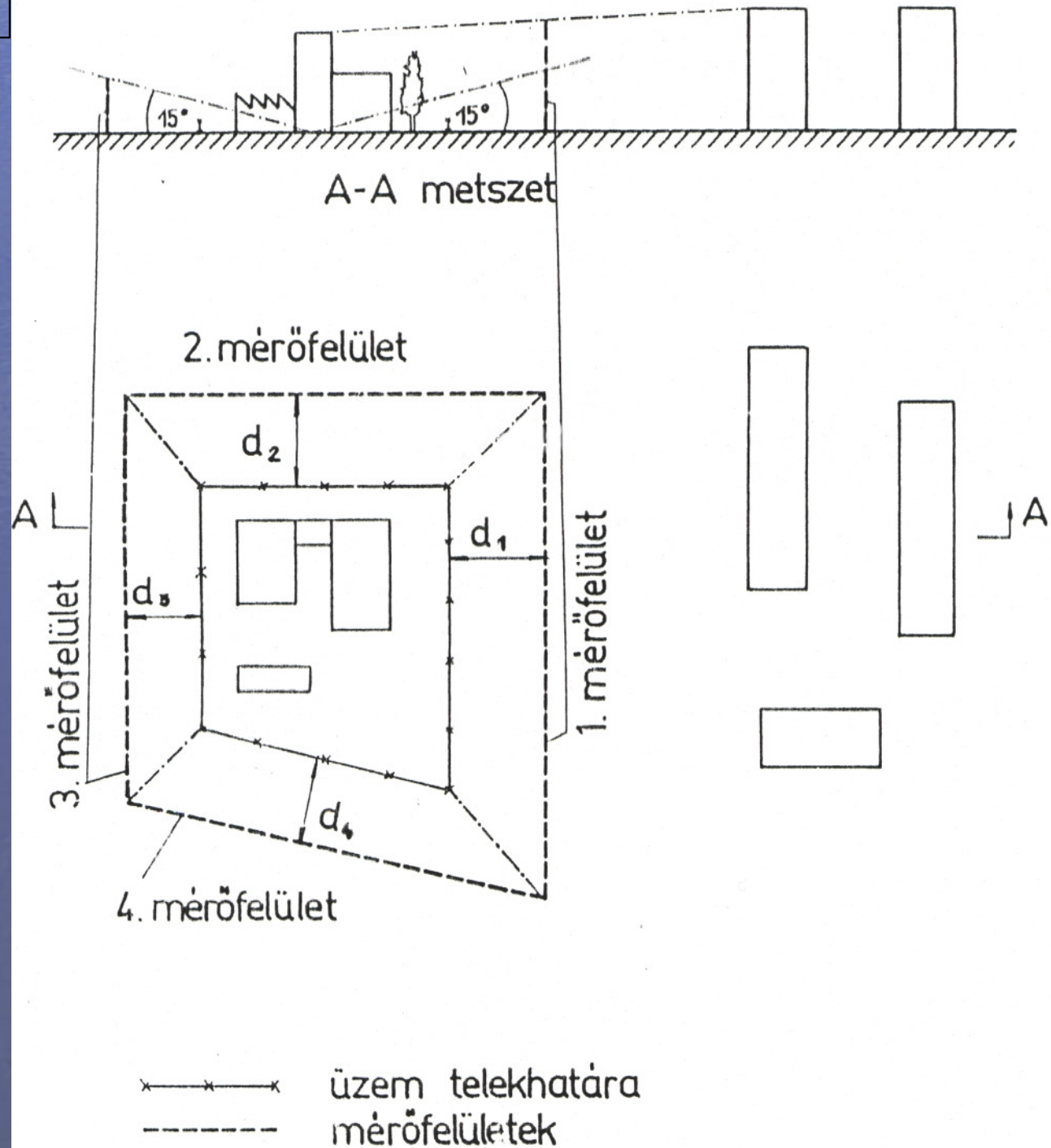
Sorszám	Zajtól védendő helyiség	Határérték ( $L_{TH}$ ) az $L_{AM}$ megítélési szintre <sup>2</sup> (dB)	
		nappal 6–22 óra	éjjel 22–6 óra
1.	Üdülőterület, gyógyhely, egészségügyi terület, védett természeti terület kijelölt része	45	35
2.	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű)	50	40
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), vegyes terület	55 <sup>2</sup>	45 <sup>2</sup>
4.	Gazdasági terület és különleges terület	60 <sup>2</sup>	50 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Értelmezése és ellenőrzése az MSZ 18150-1, illetve MSZ 15037 szerint, a zajkibocsátási határértékek meghatározásához alkalmazása az MSZ 13-111 szerint. A megítélési idő a legnagyobb zajterhelést adó folyamatos nappali 8 óra, éjjeli 0,5 óra.

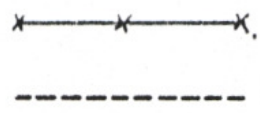
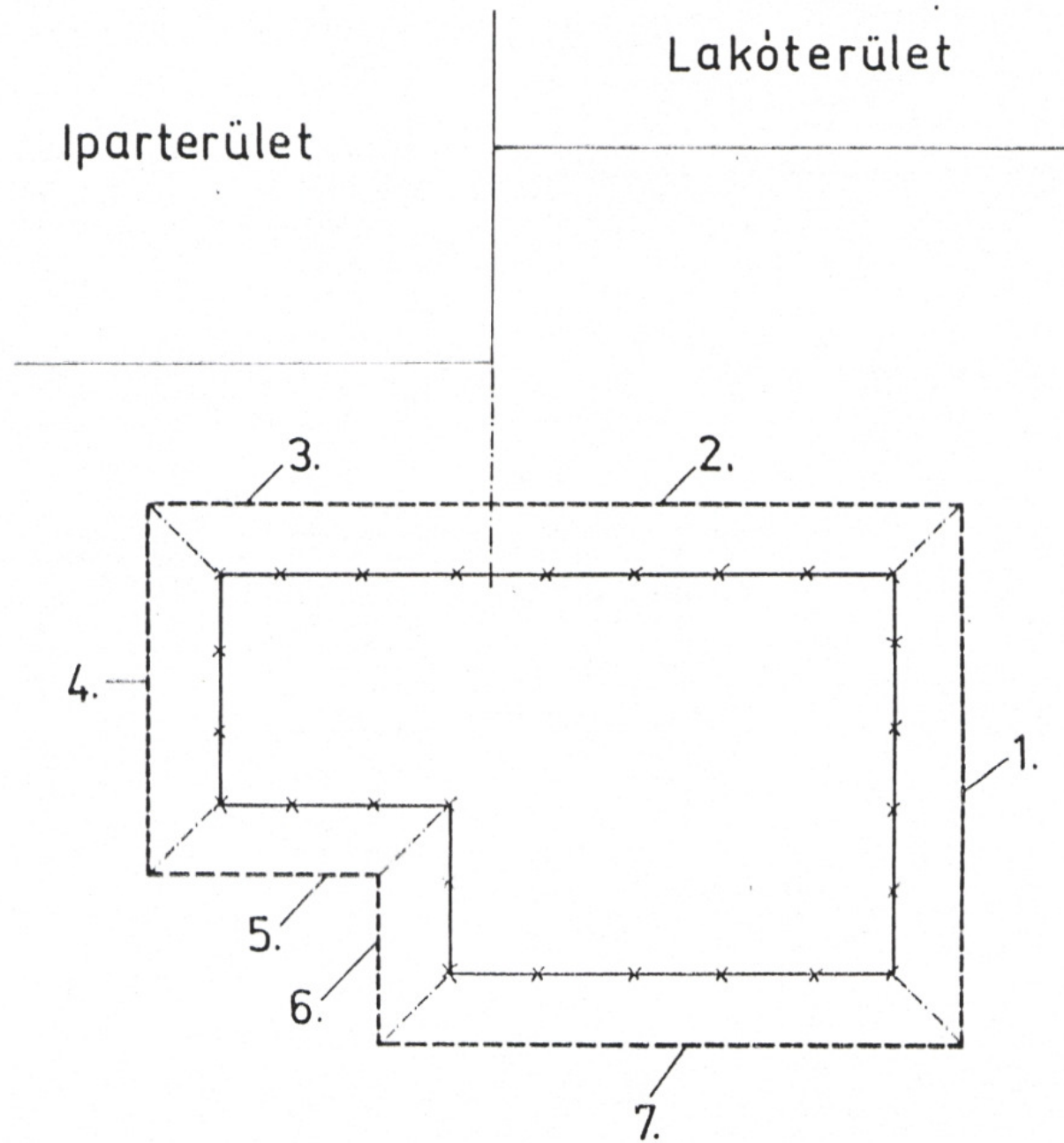
<sup>2</sup> Kórházak, szanatóriumok, rendelőintézetek, jelentős zöldfelületet igénylő intézmények közvetlen környezetében nappal legfeljebb 50 dB, éjjel legfeljebb 40 dB engedhető meg. A mai korszerű technológiák lehetővé teszik, hogy az egyébként megmunkálási módjuknál fogva nem éppen csendes berendezések zaj- és rezgésterhelését a minimumra csökkentsék a gépgyártók



# Mérőfelületek

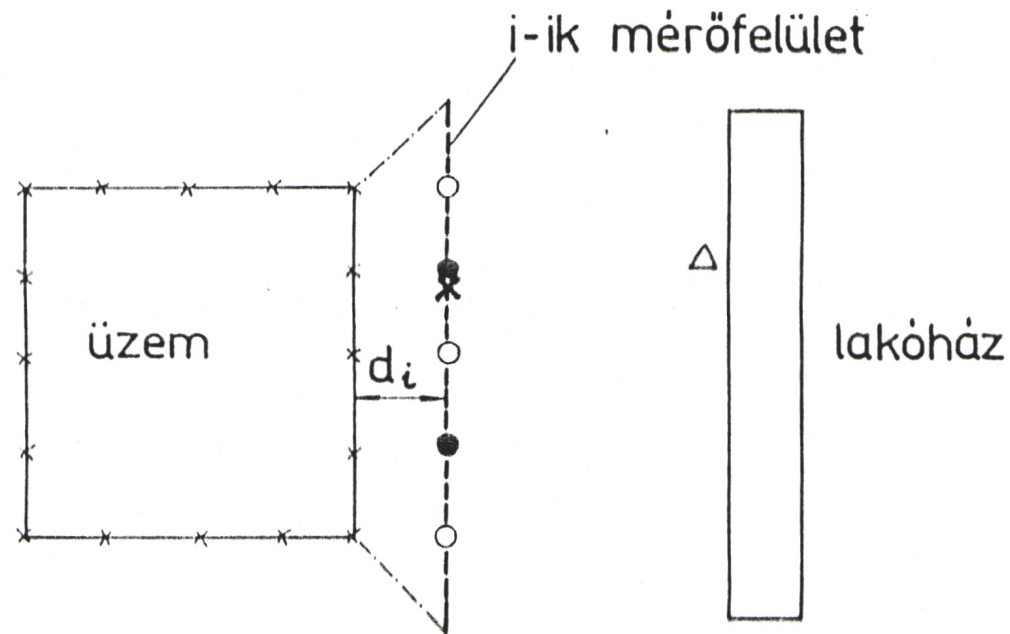
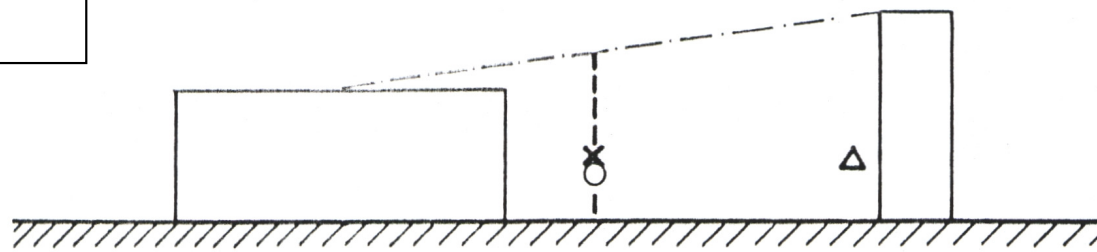


# Mérőfelületek felbontása



üzem telekhatára  
mérőfelületek és részfelületek

# Mérési pontok



- üzem telekhatára
- mérőfelület
- megítélési pont
- kritikus pont
- mérési törzspont
- kiegészítő mérési pont

## **Környezeti zaj és a hatásterület**

# **A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól**

**284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet**

## Veszélyes mértékű környezeti zaj

- A zajszennyezettségi, illetve zajkibocsátási határértéket meghaladó zaj.
- Olyan szabadidős zajforrástól származó zaj, amelyre jellegéből adódóan határértéket megállapítani nem lehet, mert azonos körülmények között megismételni nem lehet, de érzékszervi észleléssel megállapítható, hogy a hatásterületen élő lakosság nyugalma zavarja.

# Védendő terület

- Lakó-, üdülő- vegyes terület,
- az oktatási létesítmények, az egészségügyi és a temetők területei,
- zöldterület (közkert, közpark),
- gazdasági területeknek azon része, amelyen zajtól védendő épület helyezkedik el.

# Általános rendelkezések

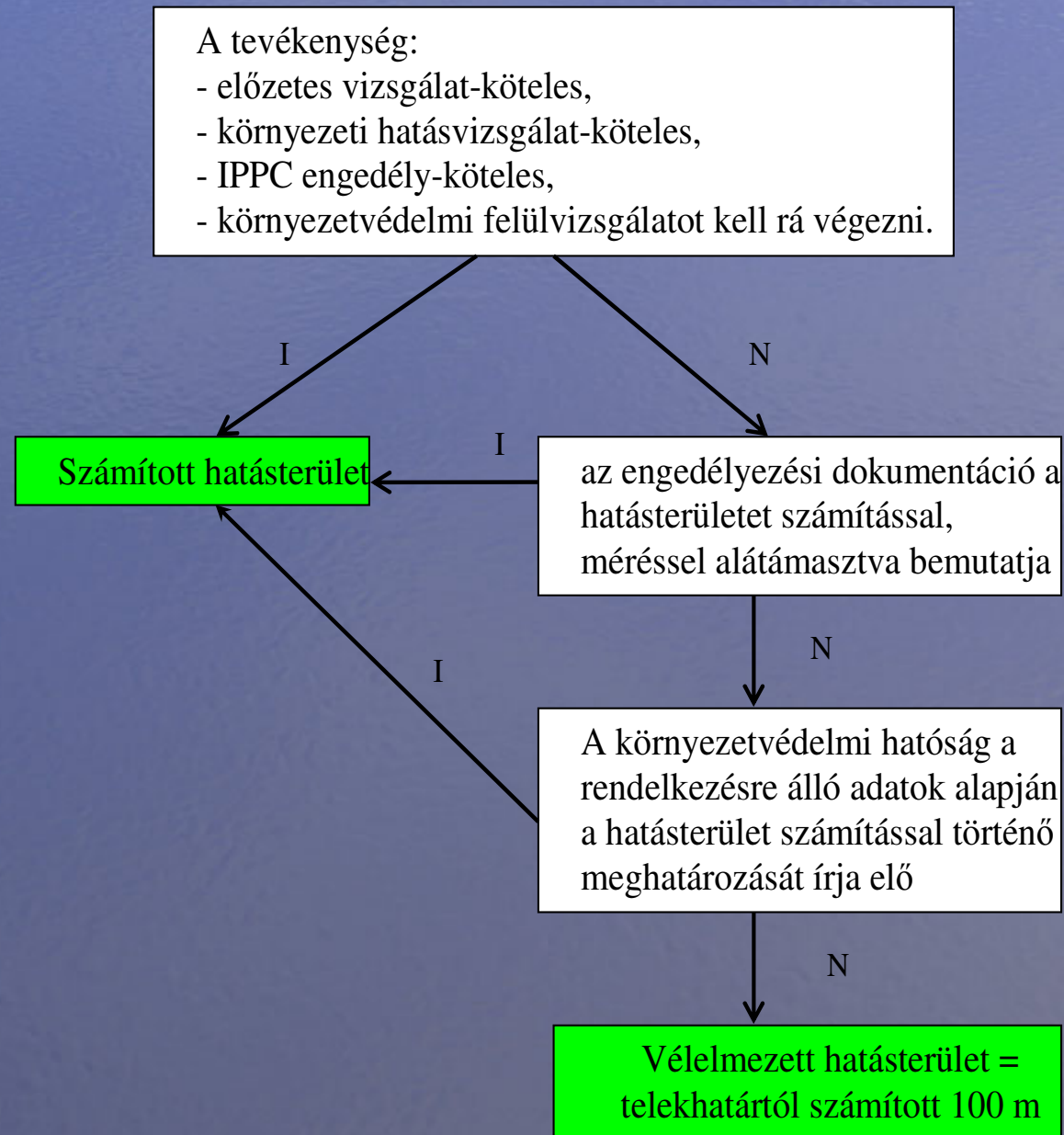
- Tilos a környezetben veszélyes mértékű környezeti zajt vagy rezgést okozni.
- Jelentős a túllépés, ha a vonatkozó jogszabályban előírt terhelési vagy kibocsátási határértéket az ott meghatározottak szerint haladja meg.
- 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM rendelet szerint zaj esetén akkor jelentős a túllépés, ha a határértéket 10 dB-nél nagyobb mértékben haladja meg.

# A zajvédelmi követelmények ellenőrzése

- **A környezetvédelmi hatóság:**
  - **mérést, számítást, vizsgálatot végezhet vagy végeztethet;**
  - **mérésre, számítás végzésére kötelezheti a zajforrás üzemeltetőjét.**



# Új elemek a szabályozásban: Hatásterület



# Hatásterület

- Akkor kell meghatározni, ha jogszabály előírja.
- Számítással vagy méréssel határozható meg.
  - előzetes vizsgálati eljárásban,
  - környezeti hatásvizsgálati eljárásban,
  - IPPC eljárásban,
  - környezetvédelmi felülvizsgálati eljárásban,
  - ezeket az eljárásokat követő létesítési, használatbavételi, illetve forgalomba helyezési eljárásokban, vagy
  - ha a környezetvédelmi hatóság előírja.

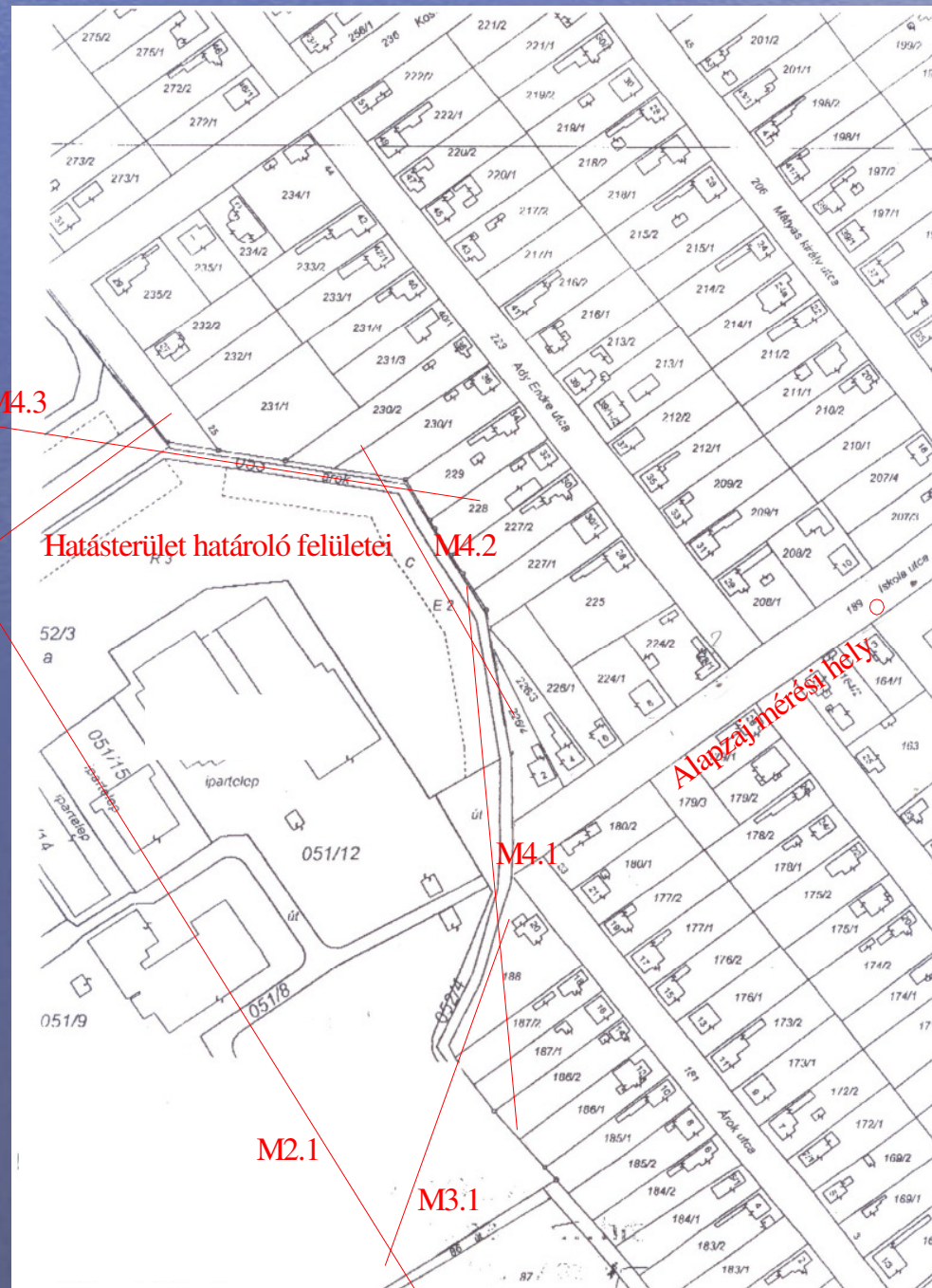
# Hatásterület

- Akkor kell meghatározni, ha jogszabály előírja.
- Számítással vagy méréssel határozható meg.
  - előzetes vizsgálati eljárásban,
  - környezeti hatásvizsgálati eljárásban,
  - IPPC eljárásban (Integrate Pollution Prevention and Control---Integrált szennyezés-megelőzés és kontroll)
  - környezetvédelmi felülvizsgálati eljárásban,
  - ezeket az eljárásokat követő létesítési, használatbavételi, illetve forgalomba helyezési eljárásokban, vagy
  - ha a környezetvédelmi hatóság előírja.

# A hatásterület határvonala:

- A zajforrástól származó zajterhelés:
  - 10 dB-lel kisebb, mint a zajterhelési határérték, ha a háttérterhelés is legalább 10 dB-lel alacsonyabb, mint a határérték (pl. 40 dB helyett 30 dB);
  - egyenlő a háttérterheléssel, ha a háttérterhelés kisebb a zajterhelési határértéknél, de ez az eltérés nem nagyobb, mint 10 dB, (pl. 40 dB helyett 35 dB);
  - egyenlő a zajterhelési határértékkal, ha a háttérterhelés nagyobb, mint a határérték;

- Zajtól nem védendő környezetben - gazdasági területek kivételével - egyenlő a zajforrásra vonatkozó, üdülőterületre megállapított zajterhelési határértékekkel;
- gazdasági területek zajtól nem védendő részén nappal (6:00-22:00) 55 dB, éjjel (6:00-22:00) 45 dB.
- A környezeti zajforrás hatásterületének lehatárolásakor azt a napszakot kell figyelembe venni, amely alapján a legnagyobb hatásterület mérhető, illetve számítható.



# Üzemi vagy szabadidős zajforrásra vonatkozó szabályok

- A tevékenység megkezdése előtt a környezeti zajforrás üzemeltetője köteles a környezetvédelmi hatóságtól környezeti zajkibocsátási határérték megállapítását kérni, és a határérték betartásának feltételeit megteremteni.
- A környezeti zajkibocsátási határértéket hatósági határozatban kell megállapítani.
- A kérelem visszavonása esetén hivatalból folytatandó az eljárás.

# Mikor nem kell határérték kibocsátását kérni?

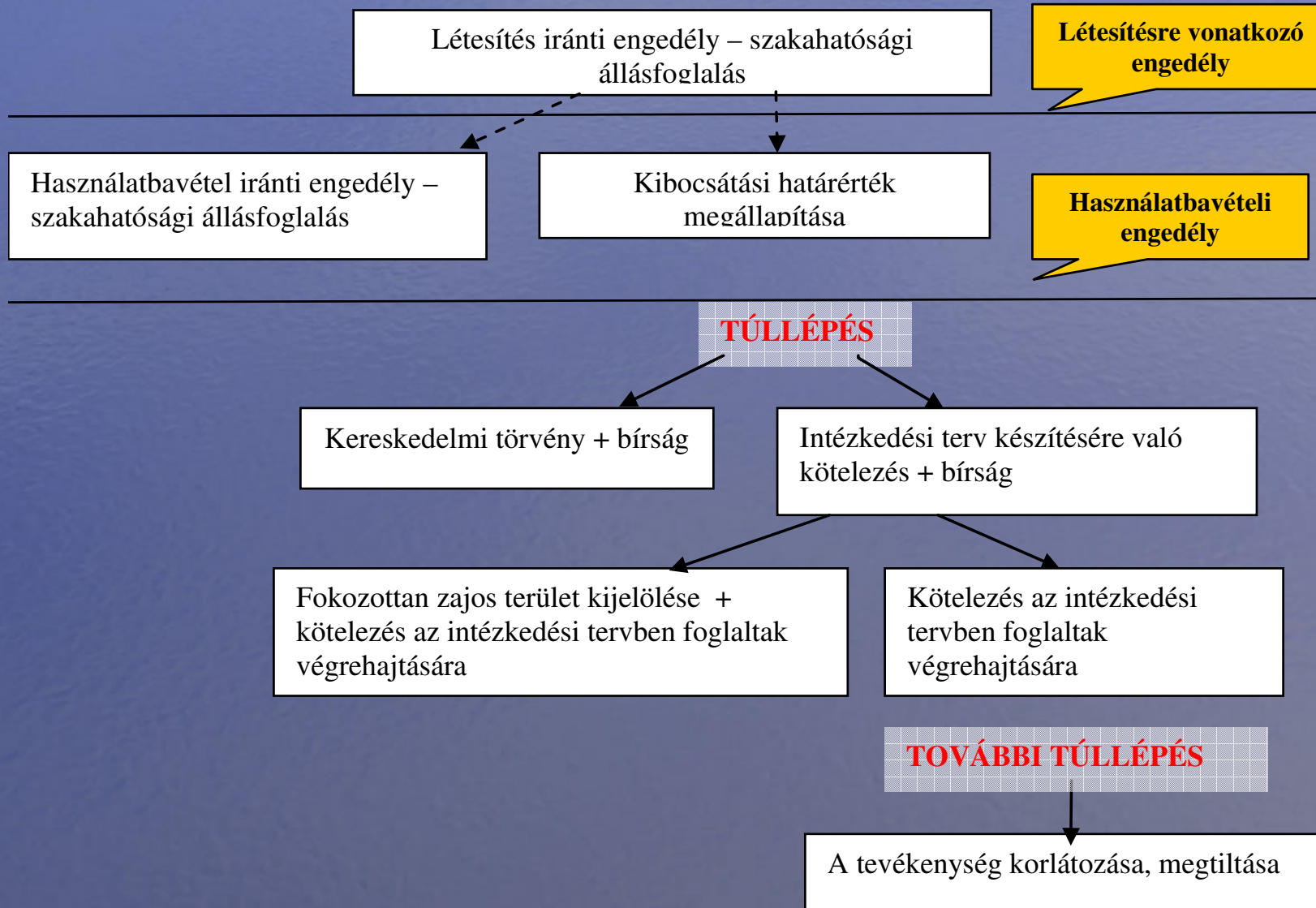
- Ha a hatásterületen nincs védendő terület, épület vagy helyiség.
- Ha a hatásterület határvonala a környezeti zajforrást magába foglaló telekingatlan határvonalán belülre esik és a telekingatlant a zajforrás üzemeltetőjén kívül más személy nem használja. De! ha változás következik be, akkor határértéket kell kérni!



# Bejelentési kötelezettség

- A környezeti zajforrást üzemeltető a környezeti zajforrás területén és hatásterületén bekövetkező minden olyan változást, amely határérték-túllépést okozhat, 30 napon belül bejelentő lapon köteles bejelenteni. (Erről külön jogszabály lesz.)
- Az üzemeltető tevékenységének megszüntetését, az új üzemeltető tevékenységének megkezdését köteles bejelenteni a környezetvédelmi hatóságnak a változást követő 30 napon belül.

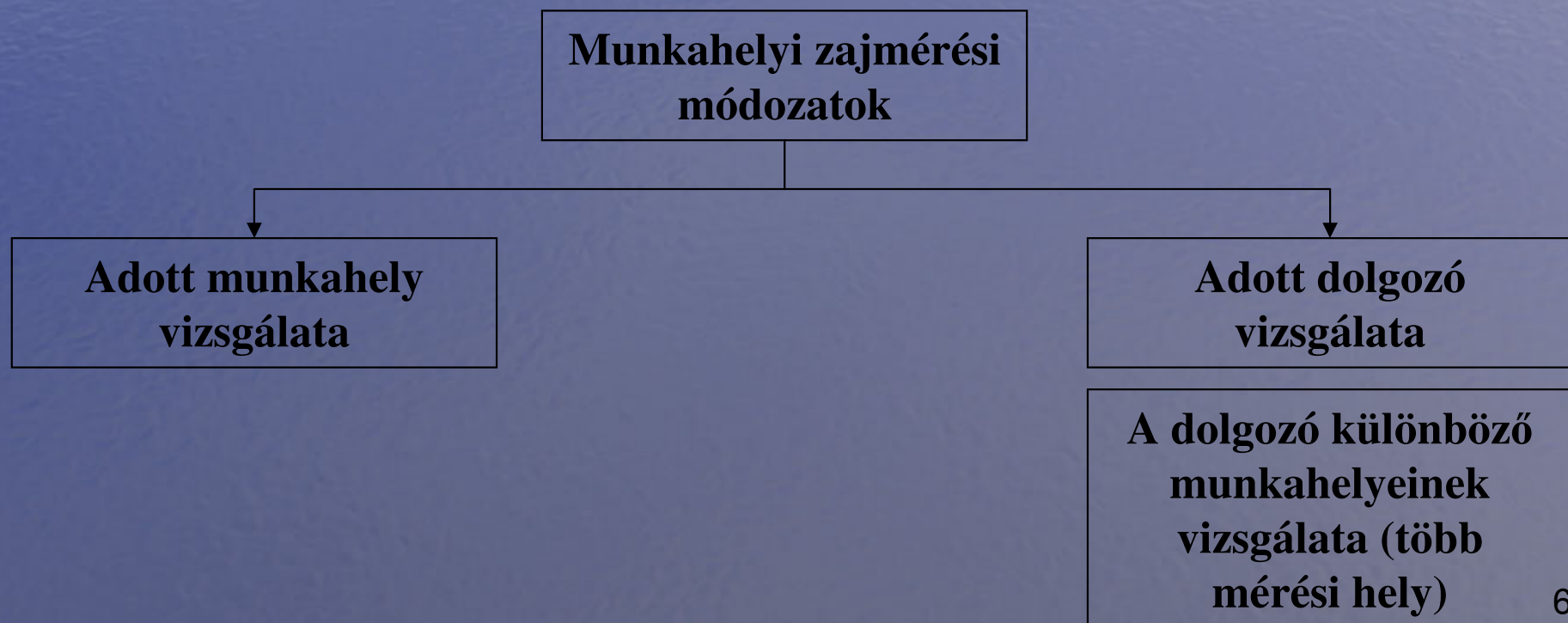
# Üzemi és szabadidős zajforrások



# Munkahelyi zajmérés

## A vizsgálandó munkahelyek kiválasztása

Egy üzemrész (műhely) részletes ellenőrzése során a maradandó halláskárosodás megelőzése érdekében végzett vizsgálat esetén, a vizsgálandó munkahelyeket úgy kell megválasztani, hogy a vizsgálat lehetőség szerint az üzemrész minden egyes dolgozójának zajterhelésére jellemző eredményeket adjon. A vizsgált dolgozók, illetve ezek munkahelyei között szerepelnie kell az üzemrészben a legkedvezőtlenebb zajterhelésnek kitett dolgozónak, illetve legkedvezőtlenebb munkahelynek.



## Egyenértékű A-hangnyomásszint.

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[ \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^n \tau_i 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,i}} \right]$$

ahol:

$L_{Aeq,i}$  az  $i$ -edik részidőben ható zaj egyenértékű A-hangnyomásszintje dB-ben,

$\tau_i$  az értékelési idő  $i$ -edik részideje s-ban,

$\tau$  az értékelési idő idő s-ban (28800 s; műszak időtartama)

$n$  a részidők száma.

Az impulzuskorrekció alkalmazható, ha:

$$(L_{AI_{max}} - L_{AS_{max}}) \geq 5 \text{ dB}$$

ahol:

$L_{AI_{max}}$ : a műszer impulzusos (I) időállandójával meghatározott legnagyobb A-hangnyomásszint, dB

$L_{AS_{max}}$ : a műszer lassú (S) időállandójával meghatározott legnagyobb A-hangnyomásszint, dB

Ha az előbbi reláció teljesül (ha nem, akkor  $K_i = 0$  dB):

$$K_i = \frac{2}{3} (L_{AI_{max}} - L_{AS_{max}}) \leq 6.$$

A munkavállalót érő  $L_{EX,8h}$  zajexpozíció meghatározásához a következő képlet alkalmazandó:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \frac{\tau}{T} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq}} \right]$$

ahol:

$L_{Aeq}$ , a zaj egyenértékű A-hangnyomásszintje dB-ben,

$\tau$  az értékelési idő s-ban

$T$  a megítélési idő s-ban (28800 s)

$n$  a részidők száma.

A munkavállalót érő zajexpozíció meghatározása egyéni hallásvédő alkalmazása mellett.

A munkavállalót érő  $L_{AM}$  zajexpozíció meghatározásához a következő képlet alkalmazandó (66/2005. (XII.22.) EüM rendelet melléklet 5.2):

$$L_{AM} = L_{Ceq} - SNR$$

ahol:

$L_{Ceq}$ , a zaj egyenértékű C-hangnyomásszintje dB-ben,

SNR az egyéni hallásvédő eszköz legalább 80%-os szinten számított csillapítása

Munkahelyi zaj jelenleg hatályos szabályozása (hatályos 66/2005. (XII.22.) számú EüM rendelet.)

A rendeletben foglaltak szerint a 80dBAeq expozíciós értéket meghaladó zajterhelés esetén –ez az intézkedést igénylő alsó, úgynevezett prevenciós szint – a munkáltató köteles a túllépésről és a lehetséges kockázatokról a munkavállalókat tájékoztatni és részükre igény esetén egyéni védőeszközt, továbbá a célzott munka-alkalmassági vizsgálat lehetőségét biztosítani. Fel kell tárni a túllépés okát és a zajexpozíció csökkentésének lehetőségeit.

85 dBAeq értéket meghaladó expozíció esetén a munkáltató köteles műszaki zajcsökkentéssel a zajterhelést minimalizálni, a munkahelyet megjelölni, a védőeszközt használatát és a célzott munka-alkalmassági vizsgálatot kötelezően előírni. A rendelet szerint a munkavállalót 87 dBAeq zajterhelésnél nagyobb expozíció még védőeszköz használata mellett sem érheti.

## Fogalmak

- a) **zajterhelés** ( $L_{Aeq}$ ) munkahelyen fellépő zaj (munkavégzés/munkafolyamat) egyenértékű A-hangnyomaásszintje
- b) **napi/heti zajexpozíció** ( $L_{EX,8h}$ ,  $L_{EX,40h}$ ) a zajexpozíció idővel súlyozott átlaga 8, illetve 40 órásnapi/heti időre vonatkoztatva
- c) **mértékadó zajexpozíció**: egyéni hallásvédő-eszköz használatával számított zajexpozíció ( $L_{AM}$ ), az 1. számú melléklet szerint.
- d) **legnagyobb zajszint**: a munkavállalót érő pillanatnyi hangnyomás C-frekvenciasúlyozással és csúcs (peak) időállandóval mért legnagyobb C-csúcs hangnyomaásszintje ( $L_{max}$ ), az 1. számú melléklet szerint.

## Zajexpozíciós határértékek és zajexpozíciós beavatkozási értékek

(1) E rendelet alkalmazásában a zajexpozíció szintjére és a legnagyobb zajszintre vonatkozó zajexpozíciós határértékek és zajexpozíciós beavatkozási értékek a következők:

- a) zajexpozíciós határértékek:  $L_{AD} = 87 \text{ dB}$ ; illetve  $L_{max} = 140 \text{ dB}$ ;
- b) felső zajexpozíciós beavatkozási értékek:  $L_{AD} = 85 \text{ dB}$ ; illetve  $L_{max} = 137 \text{ dB}$ ;
- c) alsó zajexpozíciós beavatkozási értékek:  $L_{AD} = 80 \text{ dB}$ ; illetve  $L_{max} = 135 \text{ dB}$

(2) A munkavállaló zajexpozícióját

- a) a zajexpozíciós határértékek alkalmazásakor a munkavállaló által viselt egyéni hallásvédő eszközök zajcsökkentő hatásának figyelembevételével;
- b) a zajexpozíciós beavatkozási értékek alkalmazásakor az egyéni hallásvédő eszközök hatása nélkül kell meghatározni.

*Határérték feletti egyenértékű zajexpozícióban védőeszköz nélkül eltölthető napi behatási idő:*

<b>dBA<sub>eq</sub></b>	<b>B e h a t á s i i d ő</b>
<b>87</b>	<b>8 óra</b>
<b>90</b>	<b>4 óra</b>
<b>93</b>	<b>2 óra</b>
<b>96</b>	<b>1 óra</b>
<b>99</b>	<b>30 perc</b>
<b>102</b>	<b>15 perc</b>
<b>105</b>	<b>7,5 perc</b>



## *A zaj-expozíció mérése és értékelése*

A zaj mérése ún. Zajsztintmérő műszerrel történik. A mérési követelményeknek megfelelő korszerű integráló zajmérők a következő paraméterek rögzítésére alkalmasak:

pillanatnyi maximális érték (dB peak)

minimum/maximum „S”, vagy „F” időállandóval

mérés „A”, „C”, szűrővel

a zaj  $L_{Aeq}$ , illetve  $L_{Ceq}$  egyenértékszintje a mérési időtartamra vonatkoztatva.

Az „A” szűrővel történő értékelés egyes esetekben - ahol a mély hangok részaránya kifejezett - jelentősen alábecsülheti az expozíció nagyságát /pl: traktor, erőgép, motorfékpad stb./

A „C”- szűrőt az egyéni védőeszközök adott munkahelyen történő kiválasztásánál alkalmazzuk.

$$L_{Ceq} - SNR \leq 80 \text{ dBA}_{eq}$$

ahol:

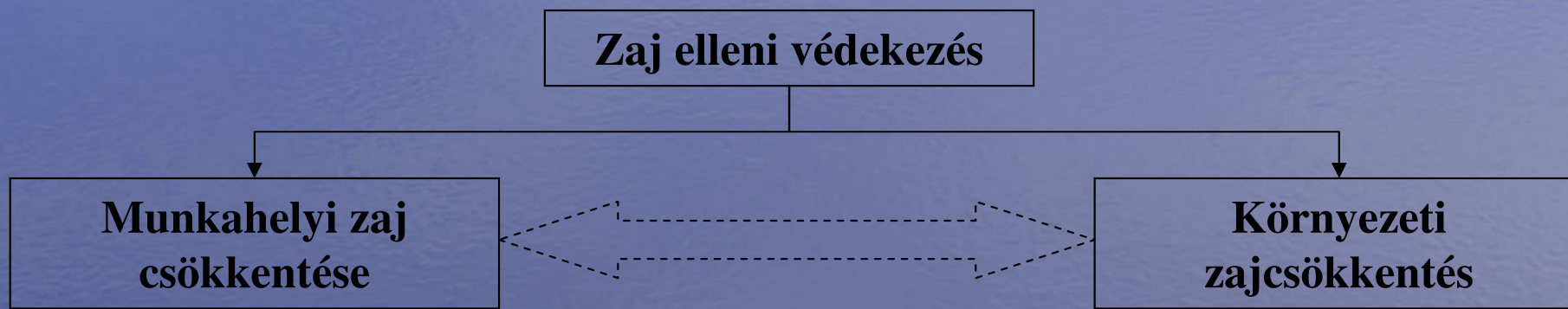
$L_{Ceq}$ , a zaj egyenértékű C-hangnyomásszintje dB-ben,

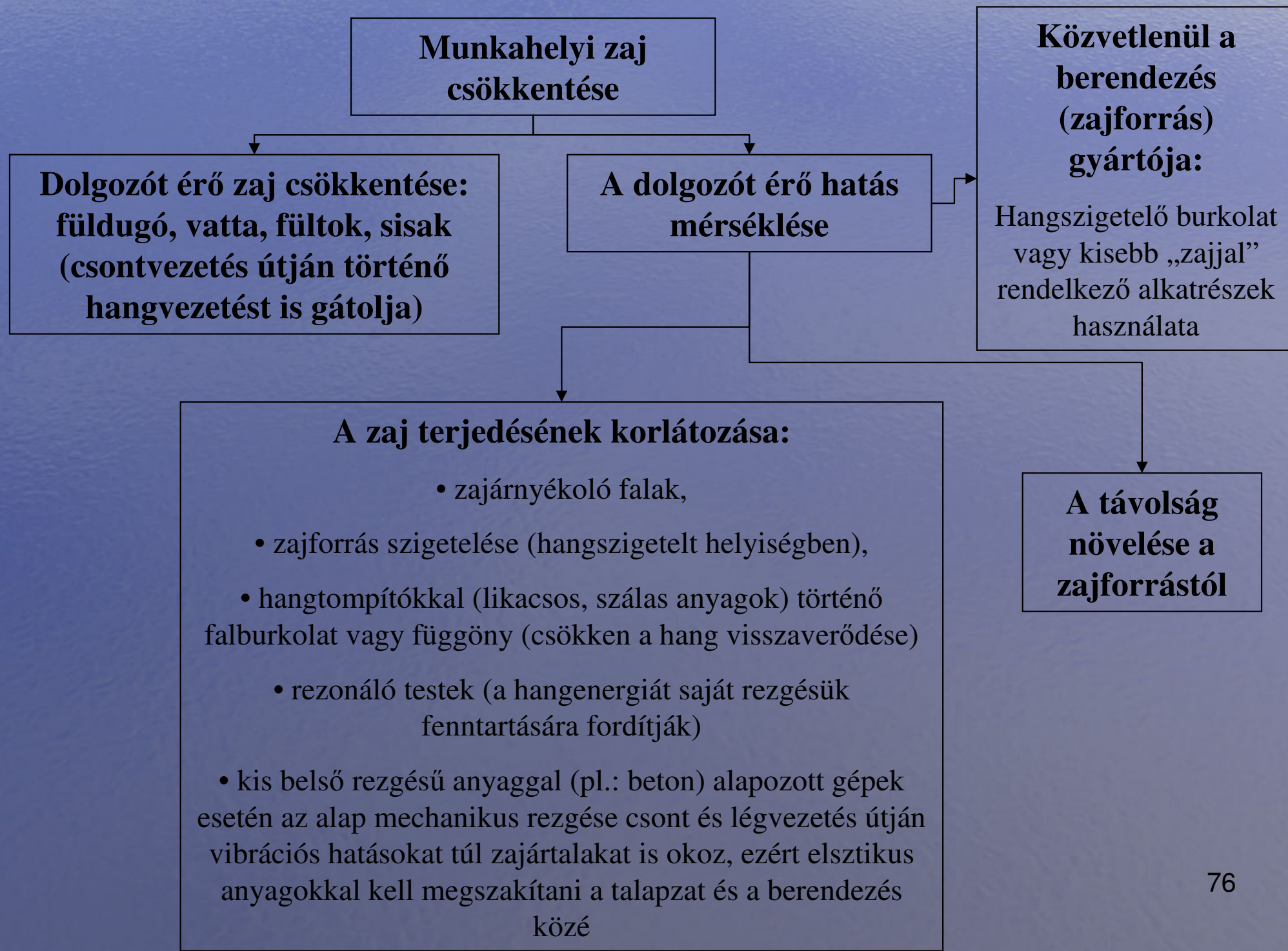
SNR az egyéni hallásvédő eszköz legalább 80%-os szinten számított csillapítása

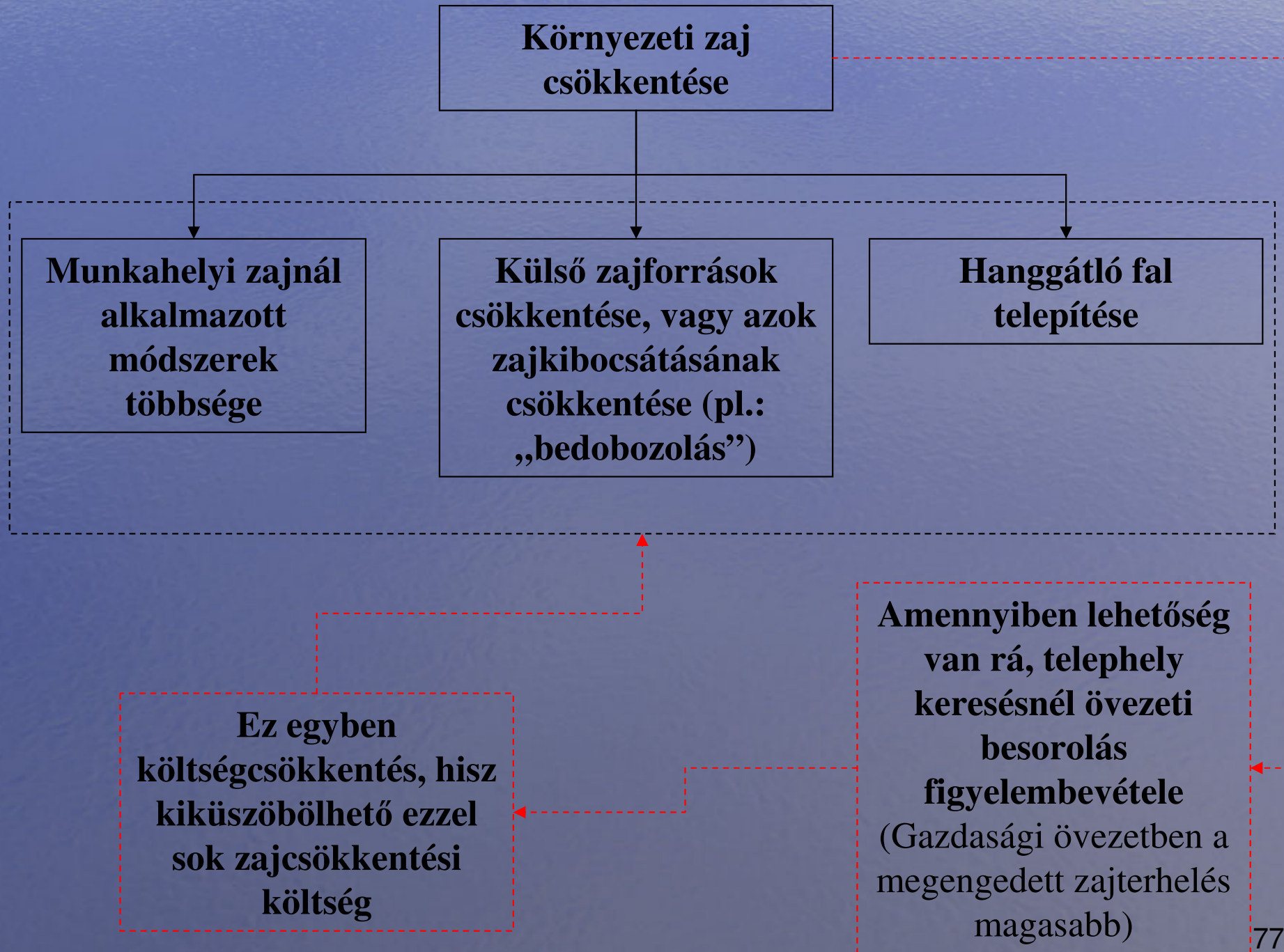
## Zajvizsgálatot kell végezni

- az új létesítmény, gép, berendezés (a továbbiakban: munkaeszköz) üzembe helyezése során
- meglevő létesítmény, munkaeszköz átalakításakor, új helyre telepítésekor, valamint technológia- és termékváltás esetén, ha az átalakítás, illetve a változás a zajexpozíció mértékét módosíthatja
- környezeti és munkahelyi zajmérés: *telephely engedélyezési eljáráshoz* (új telephely létesítése esetén is)  
(előfordul olyan eset, mikor még nem mérhető a környezeti zaj, mivel a telephely nem üzemel: számolással kell előzetesen meghatározni)
- amikor a hatóság Munkavédelmi felügyelőség vagy a Környezetvédelmi Főfelügyelőség elrendeli

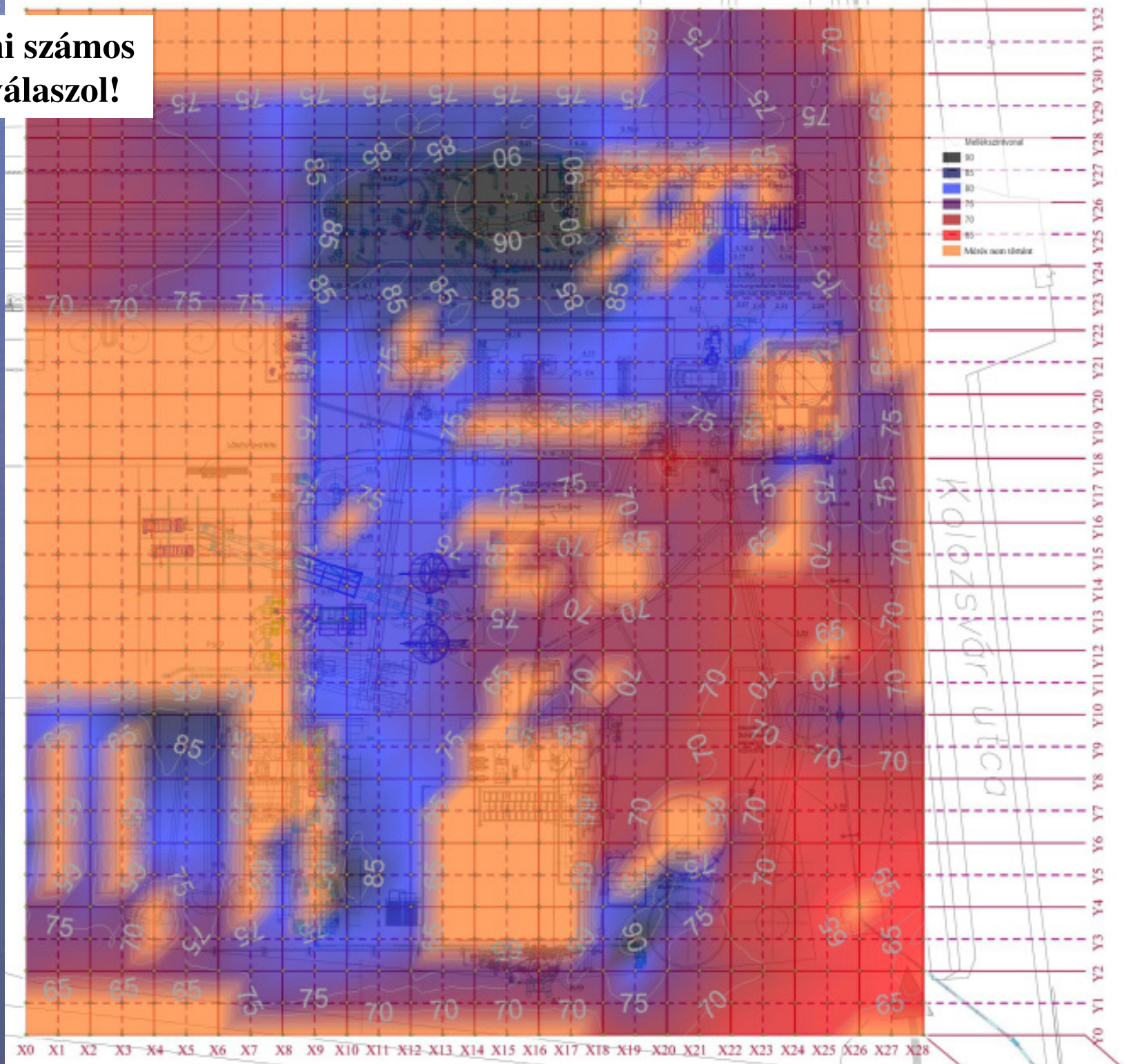
# Zaj elleni védekezés



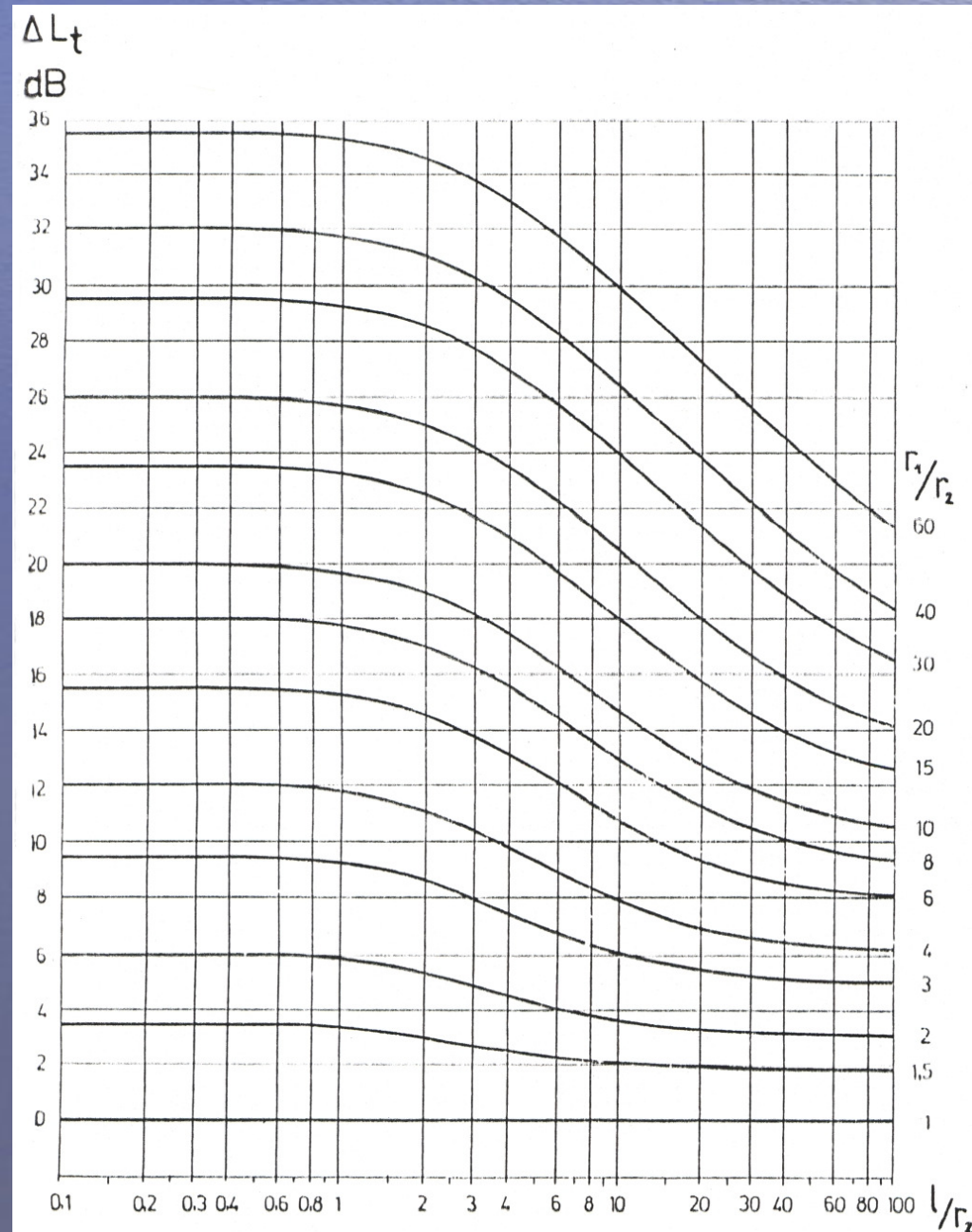
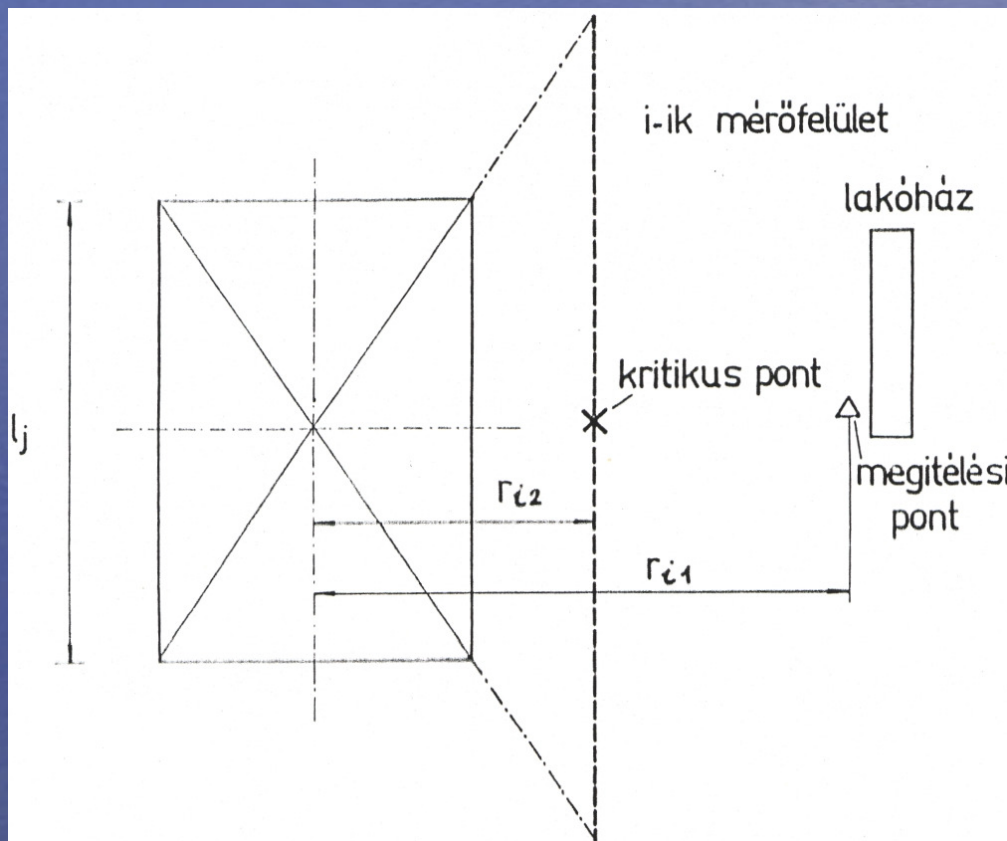




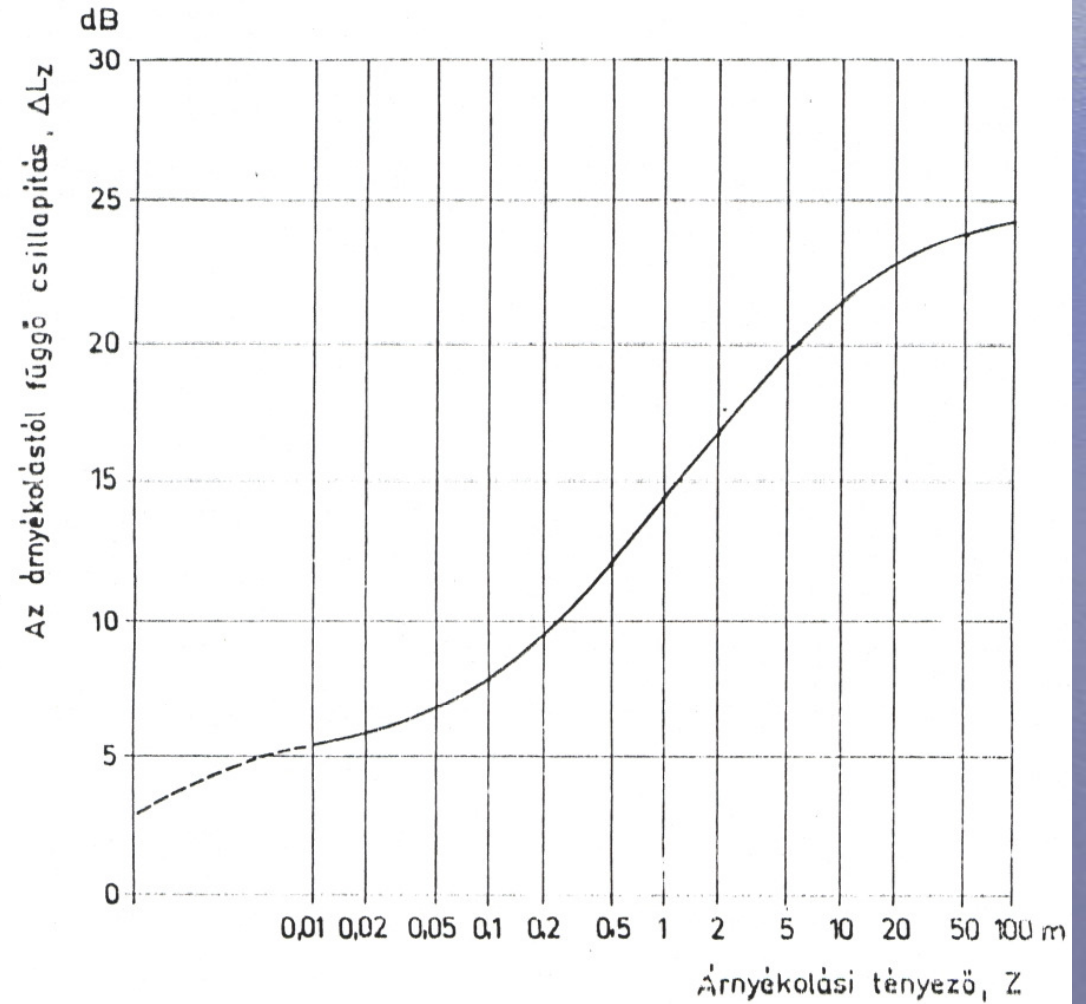
**Zajtérkép, ami számos kérdést megválaszol!**



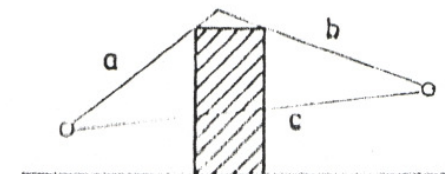
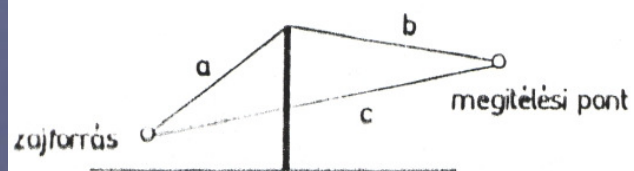
# Távolságtól függő csillapítás



# Árnyékolástól függő csillapítás



$$Z = a + b - c$$





Por-forgács újrahasznosítása és energetikai  
hasznosítása: Faipari hulladékok kezelése,  
újrahasznosítása;

Újrahasznosítás és energetikai hasznosítás  
közti különbségek;

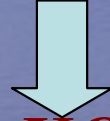
Gyakorlati példa faalapú hulladékok  
csökkentésére termelés szimulációs szoftver  
segítségével

# A kutatás alapvető céljai és feladatai

- A fafeldolgozási hulladékok keletkezési helyeinek és, felhasználhatóságának lehetőségeinek megismerése és fejlesztési lehetőségeinek feltárása a jogi szabályozások (Magyar és EU) figyelembevételével
- Hulladék és melléktermék fogalma közti különbség tisztázása
- A faalapú hulladékok veszélyességének megállapítása
- A faiparban milyen típusú és milyen mennyiségű hulladékok/melléktermékek keletkeznek
- Energetikai hasznosítás kontra újrahasznosítás
- Faalapú csomagolási hulladékok hasznosítási gondjai
- „Altholz” kérdésköre
  
- A nagyobb faipari vállalatok hulladékgazdálkodási munkáinak fejlesztésében tevékenyen részt vegyék és új hasznosítási és hulladék csökkentési lehetőségeket dolgozzak ki

# A kutatás metodikája

Mi döntötte el hogy ezen nagy, általános részből, mely problémakörökre koncentrálok?



## **A GYAKORLAT (De hogyan?)**

**GYORSAN**

Előzetes felmérés általános kérdőívekkel  
Nem lehet megfelelő következtetéseket levonni

**LASSAN, de pontosan** ✓

Közvetlen vizsgálat kevesebb cégnél, de alaposan  
Adatfelvételezés személyes interjúval és a hulladékokkal összefüggő jelentések megismerése (milyen?, mennyi?, miért?)  
Az adott üzemben lévő „gyakorlatok” megismerése („csak néhány nap”)

**Kritikus helyek, problémák feltárása**

# Előtérben a faalapú hulladékok

## Nem veszélyes és veszélyes faalapú hulladékok [16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről]

EWC kód	Megnevezés
02 01 07	Erdőgazdálkodási hulladék
02 03 04	Fogyasztásra, illetve feldolgozásra alkalmatlan anyagok, ezen belül gabonafélék és napraforgó magjainak hántolásából keletkező hulladék
03 01 01	Fakéreg és parafahulladék (fafeldolgozásból, falemez- és bútorgyártásból származó hulladékok)
03 01 05	Faforgács, fűrészárú, deszka, furnér, falemez darabolási hulladékok, amelyek különböznek a 03 01 04-től (veszélyes anyagokat nem tartalmazó, faforgács, fűrészárú, deszka, furnér, falemez darabolási hulladékok, melyek fafeldolgozásból, falemez- és bútorgyártásból származnak)
03 03 01	Fakéreg és fahulladék (cellulózrost szuszpenzió, papír- és kartongyártási, feldolgozási hulladékok)
15 01 03	Fa csomagolási hulladékok
17 02 01	Fa (építési és bontási hulladék)
19 12 07	Fa, amely különbözik 19 12 06-tól (veszélyes anyagot nem tartalmazó fa, közelebbről nem meghatározott mechanikai kezelésből - pl.: osztályzás, aprítás, tömörítés, pellet készítése - származó hulladékok, hulladékkezelő létesítményeknél)
20 01 38	Fa, amely különbözik 20 01 37-től (veszélyes anyagot nem tartalmazó, elkülönített gyűjtött hulladék frakció, melyek a települési hulladékokból származnak.

EWC kód	Megnevezés
03 01 04*	Veszélyes anyagokat nem tartalmazó, faforgács, fűrészáru, deszka, furnér, falemez darabolási hulladékok (melyek fafeldolgozásból, falemez- és bútorgyártásból származnak)
15 01 10*	Veszélyes anyagokat maradékként tartalmazó vagy azokkal szennyezett csomagolási hulladékok
17 02 04*	Veszélyes anyagokat tartalmazó vagy azzal szennyezett üveg, műanyag, fa (építési és bontási hulladék)
19 12 06*	Veszélyes anyagokat tartalmazó fa (közelebbről nem meghatározott mechanikai kezelésből - pl.: osztályzás, aprítás, tömörítés, pelletek készítése - származó hulladékok, hulladékkezelő létesítményeknél)

# Előterben a faalapú hulladékok

Magyarországon becslések szerint az évente - a hozzávetőleg 1,8 millió ha. erdővel borított területből - kitermelt nettó faanyagterfogat 5,9 millió m<sup>3</sup>, melyből 2,7 millió m<sup>3</sup> ipari célú, míg 3,2 millió m<sup>3</sup> energetikai célú.

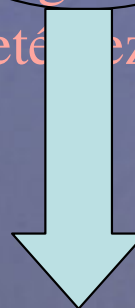
(Országos megoszlás, 66%-os statisztikai felvétel alapján számított érték. Forrás: ÁÉSz )

Mintegy millió 1,2-1,5 millió m<sup>3</sup> (becsült adatom) fahulladék miatt nagy jelentőséget kell tulajdonítani a tovább-feldolgozásnak, hasznosításnak.

1 m<sup>3</sup> hengeres előfára vetített hulladék  
(felméréseim alapján)

Fűrészipar (I, II, és III. osztályú anyagok figyelembevételével)	30-40 %
Bútoralkatrész-gyártás	60-80 %
Ajtó-ablak gyártás	55-70%
Furnérgyártás	50-60%
Rétegeltlemez gyártás	55-65%
Forgácslapgyártás:	~5%

Az főre jutó fatermék fogyasztás ~0,15 m<sup>3</sup>/év (0,27 m<sup>3</sup>/év), míg az energetikai célra kitermelt fa esetében ez az arány ~0,31 m<sup>3</sup>/év.



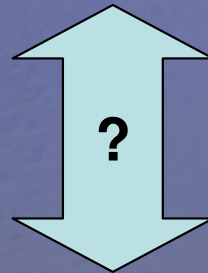
Elhasználódott fatermék  
(„RW: Recovered wood, Altholz”)

Lerakás

„Az otthon 86 melege”

2007 február 21.-én az Európai Közösségek Bizottsága által COM(2007) 59 számon kiadott „Tájékoztató közlemény a **hulladékról** és a **melléktermékekről**”

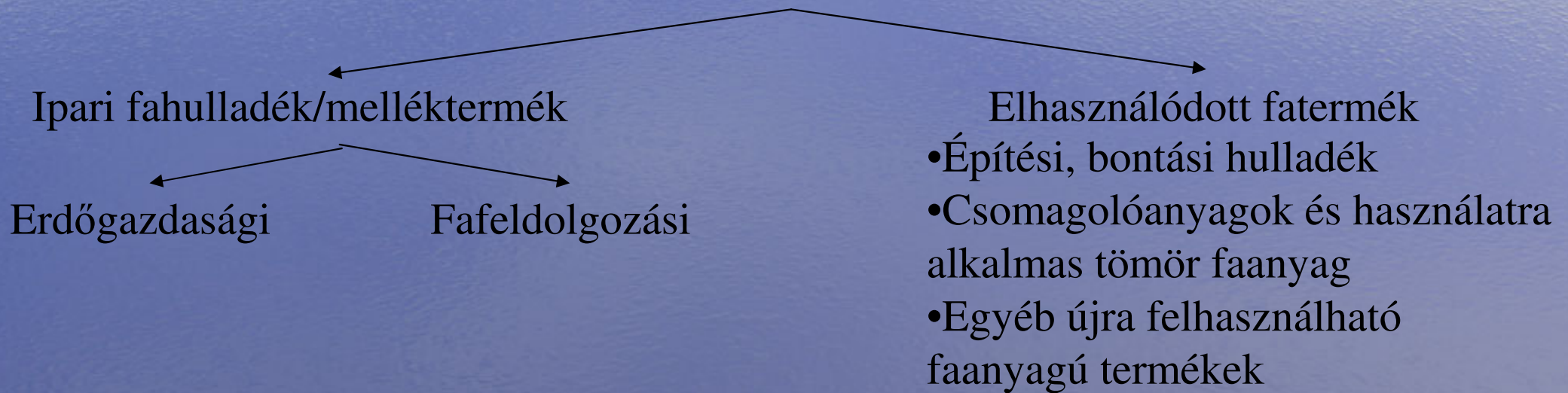
Megfogalmazásomban *hulladéknak* nevezhető minden olyan tárgy, anyag, anyaghalmozék, mely a termelés során a termék mellett, valamint a termék elhasználódása során keletkezik, újrafelhasználása (reuse) és újrahasznosítása (recycle) nem megoldható, és az közvetlenül vagy közvetve veszélyezteti a környezetet..



*Melléktermék*

A melléktermék feldolgozásának folyamatában mindenképpen vannak olyan műveletek, melyeket a további hasznosítás érdekében el kell végezni. Amennyiben ezek a műveletek a termelési folyamat szerves részét képezik, az anyag még nyugodtan tekinthető mellékterméknek. Ha azonban további visszanyerésre van szükség a további felhasználás végett, - még abban az esetben is, ha a felhasználás biztos - az anyagot sok esetben hulladéknak kell tekinteni a alapanyag visszanyerés befejezéséig.

# Faalapú hulladékok/melléktermékek alapcsoportosítása (veszélyes, és nem veszélyes)



Általánosságban elmondható, hogy a kezelt fák többségében veszélyes anyagnak számítanak, a bennük levő védőszer összetétele miatt (pl. réz, arzén, króm, stb.) „**CCA**”. ezeket általában veszélyes hulladék-égetőkbe viszik.

Ugyanakkor sikeres kutatások melyek közül az egyik legsikeresebb talán a **biológiai kezelés**, amikor a mérgező összetevőket ártalmatlan vagy kevésbé mérgezőanyagokká alakítják mikroorganizmusok, enzimek által. A barna korhadás gombáját (*Antrodia-A. vaillantii*) használták erre a célra, mivel a CCA-val szennyezett aprított faanyag ezen gombás fertőzés során oxálsavat termel. Ebben a formában az összetevők nagy része már kimosható a faanyagból

Másik ígéretes megoldás az **elektrodialízis**, mely során az elektródokat feszültség alá helyezzük (az elektródok között sóoldatot vezetnek keresztül), s így az ionok a megfelelő elektródok felé vándorolnak: a katód (negatív elektród) felé a kationok, míg az anód (pozitív elektród) felé az anionok áramlanak.



# A falapú csomagolási hulladékok

Környezetvédelmi termékdíjat megfizetni **16 Ft/kg.**

VAGY

Termékdíj mentesség (gyártó tehát maga teljesíti a csomagolási hulladék-visszagűjtési kötelezettségét, vagy hatósági engedéllyel rendelkező hulladékbegyűjtő és -hasznosító cégekkel szerződést )

VAGY

A kötelezett hasznosítást koordináló szervezetek (jelenleg **6,7 és 7 Ft/kg** között kell fizetni faalapú csomagolási anyagok esetén a vállalatoknak a különböző koordináló szervezeteknek), mely fizet a hasznosításért **6,5 Ft/kg** összeget

Európai Unió 94/62 számú (ún. csomagolási) irányelvének 2004. évi módosításában szereplő minimális, újrafeldolgozási célkitűzései

Csomagolási anyagfajták	Minimális újrafeldolgozási érték [%]
Papír és karton	60
Üveg	60
Fém	50
Műanyag	22,5
Fa	15

A koordináló szervezet begyűjti és hasznosítja a kibocsátott és hulladékká vált csomagolás 54%-át, oly módon, hogy az anyagában hasznosított hulladékmennyiség aránya elérje a 33%-ot. 89

Kutatásaim alapján javasolt, az Európai Unió 94/62. számú (ún. csomagolási) irányelvének 2004. évi módosítása - mely előírja hazánk számára a csomagolási hulladékok átlagosan minimum 60%-os kötelező hasznosítási (anyagában hasznosítás és hulladékégető művekben energetikai hasznosítás együtt) arányát 2012-ben – meg kell változtatni. Oly módon, hogy a **faalapú csomagolási hulladékok tekintetében elvárt minimum 15 %-os hasznosítási arányt (mely az irányelv életbelépése óta sohasem változott) évenként hozzávetőleg 10 %-al növeljék, elérve így 2012-re 55-60%-os értéket**, amit például a papír vagy az üvegek esetén meg fognak követelni. Felméréseim szerint, ezen mennyiségű - mely 60%-os hasznosítási ráta esetén becsléseim alapján 2012-ben évente mintegy 100 ezer tonna faalapú csomagolási hulladékot fog jelenteni – hulladék elsődlegesen forgácslapban történő hasznosítással nagy részben megoldható. Ugyanakkor az újra fel nem használt csomagolási hulladékok a fatüzelésű erőműveknek jelenthetnek további alapanyagot.

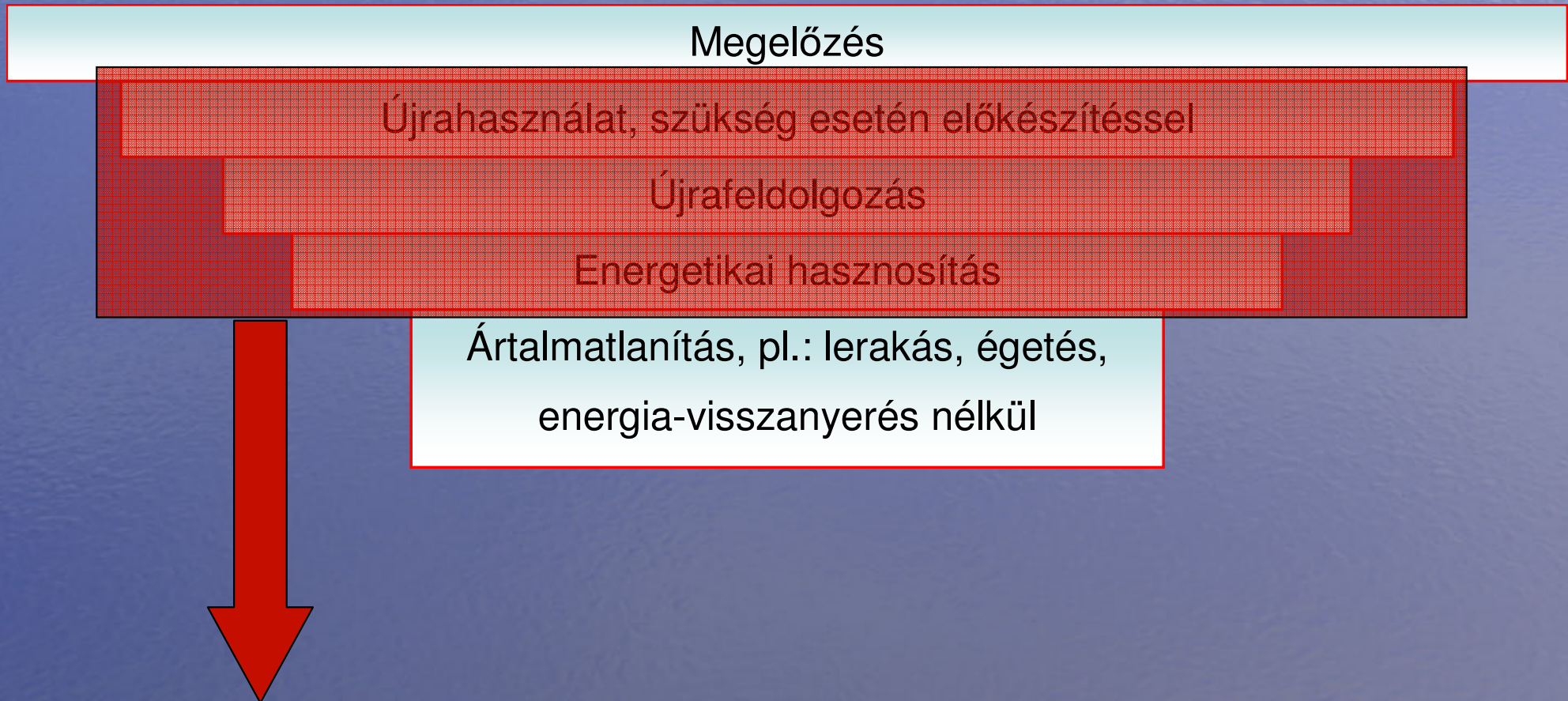
# Hulladéklogisztika (inverz logisztika)

A teljes, integrált hulladékgazdálkodási rendszer esetén szorosan egymáshoz kapcsolódó, konkrét inverz logisztikai folyamatokat (begyűjtés, szelektálás, előkezelés, átmeneti tárolás, szállítás, feldolgozás) a tágran értelmezett hulladéklogisztikai elméletek, modellek veszik körül. Ezen modelleket a faalapú hulladékok/melléktermékek esetén a „6R” környezetvédelmi intézkedési program felől közelítem meg (az elfogadott 5R helyett).

- a hulladékok keletkezési helyeinek felkutatása (Respect) !!!!!
- hulladékok mennyiségének csökkentése (Reduce)
- a hulladékoknak, esetleg veszélyes anyagoknak kevésbé problémás anyagokkal történő helyettesítése (Replacement, Rethink, Refine)
- a hulladékok szelektív összegyűjtése utáni újrafelhasználása (Reuse)
- a hulladékok szelektív összegyűjtése utáni újrafeldolgozása (Recycle), és a recycling-al egyenértékű újrahasznosítás (Reutilization)
- lehetőség szerint, ezekből a hulladékokból, értékes anyagok, illetve energia visszanyerése (Recovery vagy Retrieve Energy)

Kiemelkedően fontos a termék-hulladék/melléktermék életútjának (LCA-életciklus analízis segítségével) végigkísérése.

# Faalapú hulladékok kezelésének betartandó hierarchiája



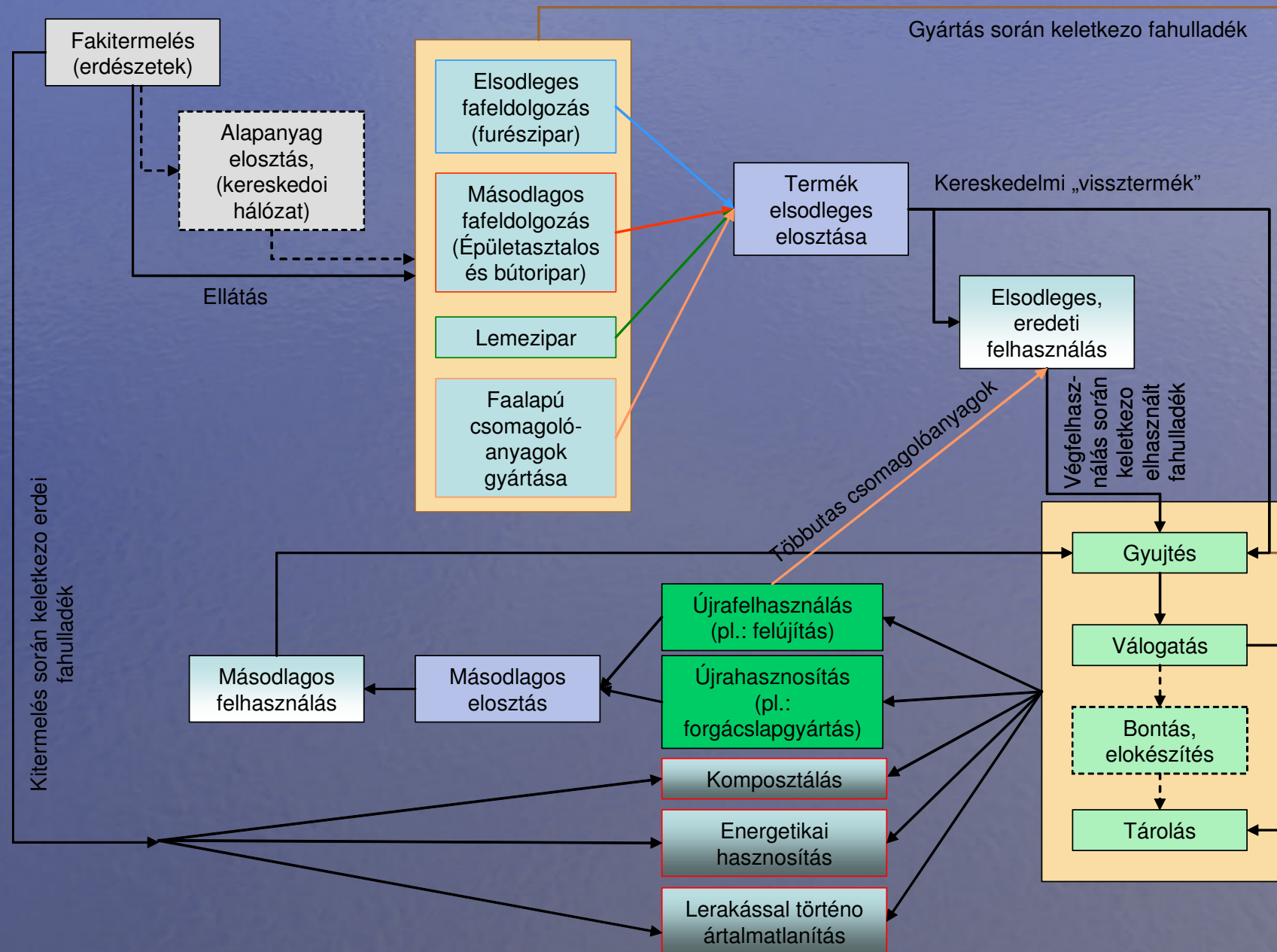
## Faalapú hulladékok hasznosítása:

Reuse (újrafelhasználás)----- pl.: többutas raklapok

Recycle (újrafeldolgozás)

Recovery (energetikai visszanyerés)

**Megállapítottuk, hogy egy hulladék/melléktermék hasznosítási kérdéseinek eldöntése végett célszerű felvázolni annak életútját, és erre egy általánosan használható folyamatmodellt dolgoztunk ki.**



**Faalapú hulladékokra vonatkozó rendeletek hiánya negatívan befolyásolja faipari hulladékgazdálkodást, ezen belül a faalapú hulladékok hasznosíthatóságát.** Javasolt tehát „Fahulladékok hasznosítása” címmel *jogi szabályozás létrehozását.*

A faalapú hulladékok/melléktermékek elkülönítési lehetősége:

- Feldolgozás során keletkező fahulladékok/melléktermékek
- Az elhasználódott fa, holtfa („Altholz”, RW= recovered wood)

Szükséges további bontásban pedig szennyezettség szerint szükséges elkülöníteni a fahulladékokat:

- FAH I. : szennyeződést nem, vagy csak minimálisan tartalmazó megmunkált, vagy elhasználódott faanyag
- FAH II. : halogénezett szerves anyagokat és favédő szereket nem tartalmazó ragasztott, festett, pácolt, lakkozott faanyag, elhasználódott fatermék
- FAH III. : Az előző két kategóriába nem tartozó fahulladékok/melléktermékek, melyek halogénezett szerves anyagokat tartalmaznak, de favédő szerrel nincsenek kezelve.
- FAH IV. : Védőszerekkel kezelt fahulladék/melléktermék
- FAH V.: PCB-vel több mint 50 mg/kg-nél magasabb értékben szennyezett fahulladék

# Faalapú hulladékok/melléktermékek újrahasznosítása és az energetikai hasznosítás

**Cél:** CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentés, tehát például tovább megkötni azt

A légköri szén hosszabb időre a tengerekben, míg átmenetileg a szárazföldi ökoszisztémákban kötődik meg, így az erdők faállományában történő szénmegkötés természetes körülmények között a faegyed életciklusa után újra felszabadul.

Kevésbé köztudott, hogy Európában a bioenergia-források közül a fa energetikai célú felhasználása a legjelentősebb.

A hazai energiafelhasználásnak jelenleg 3-3,5%-a származik megújuló energiaforrásokból, ebből a biomassza energetikai felhasználása mintegy 2,8%-ot képvisel

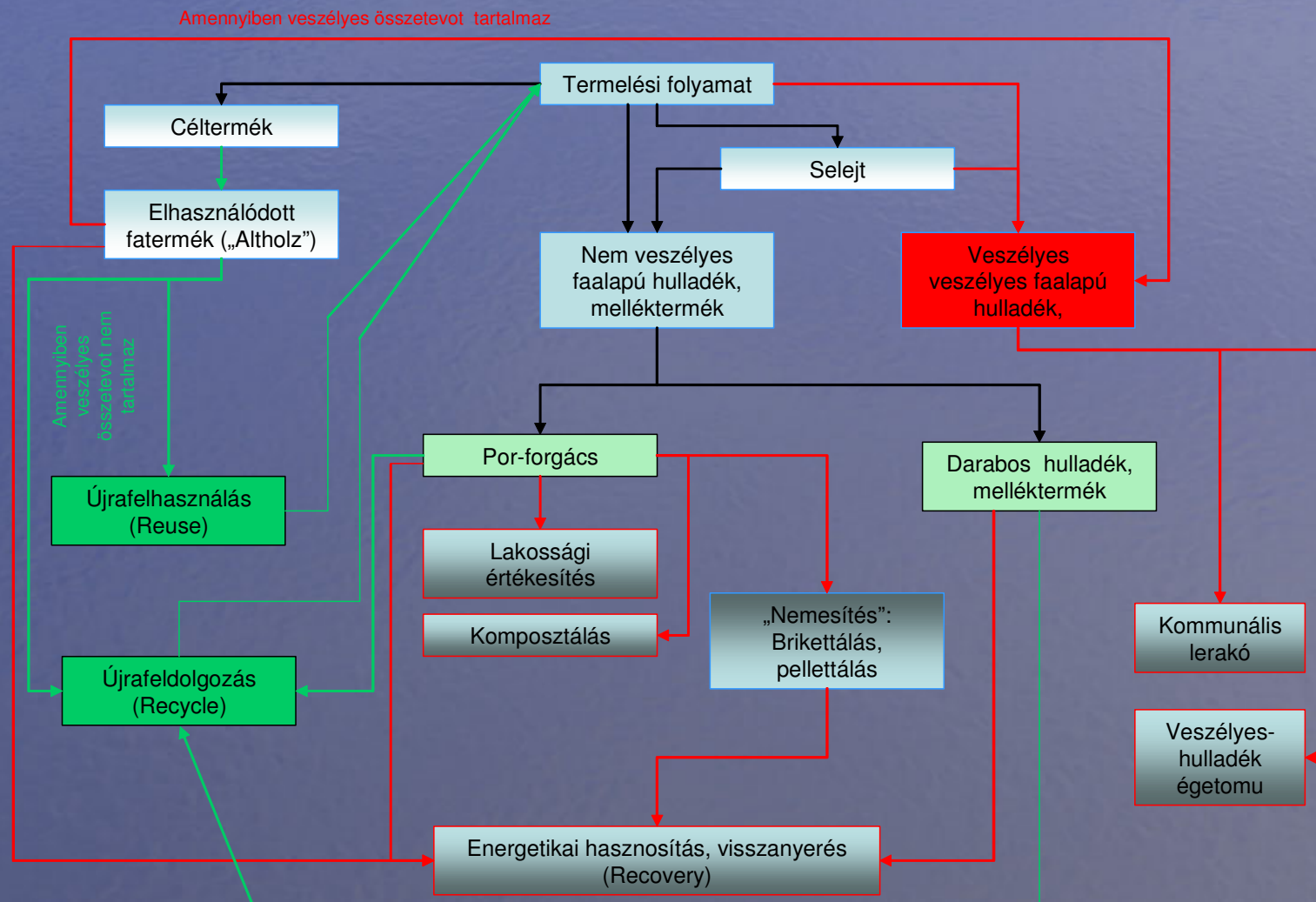
**!az EU 2005. december 7-én elfogadott Biomassza Akció Terve (Biomass Action Plan) az elképzelések szerint 2010-ig megduplázza a bioenergia- (fa, hulladék, mezőgazdasági növény) források felhasználását az energetikában!**

**?DE MIRE ALAPOZVA?**

(ne a faalapú melléktermékekre, hanem az energiaültetvényekre...de egyelőre nem igazán sikeresek a támogatási rendszer hiánya miatt...persze ezt is csak „ésszel” lehet megvalósítani)

**A fa, papír és cellulózipar esetén a fának mind a gazdasági mind a társadalmi értéke nagyobb mint az energetika esetén!**

**A mai magyar faipar és faalapon működő erőművek érdekei között ellentétek találhatóak, melyek a közös alapanyagbázis miatt adódtak. Ennek egységes értelmezésének céljából „Hasznosítási és ártalmatlanítási lehetőségek kapcsolata a faalapú hulladékokkal” *című folyamatmodellt* állítottunk össze, mely *segít abban a döntésben, hogy az adott hulladékot milyen módon kell ésszerűen hasznosítani.***

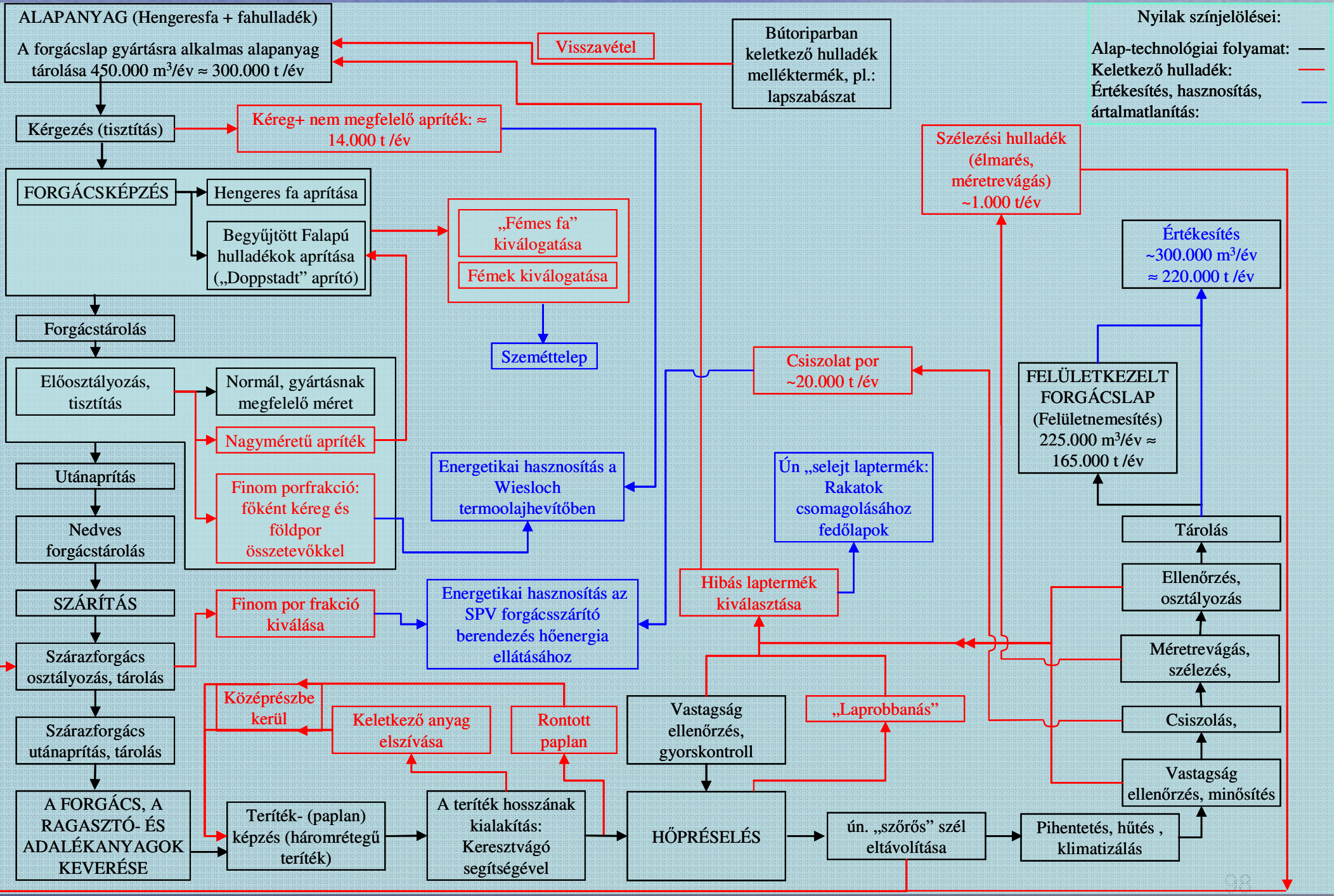




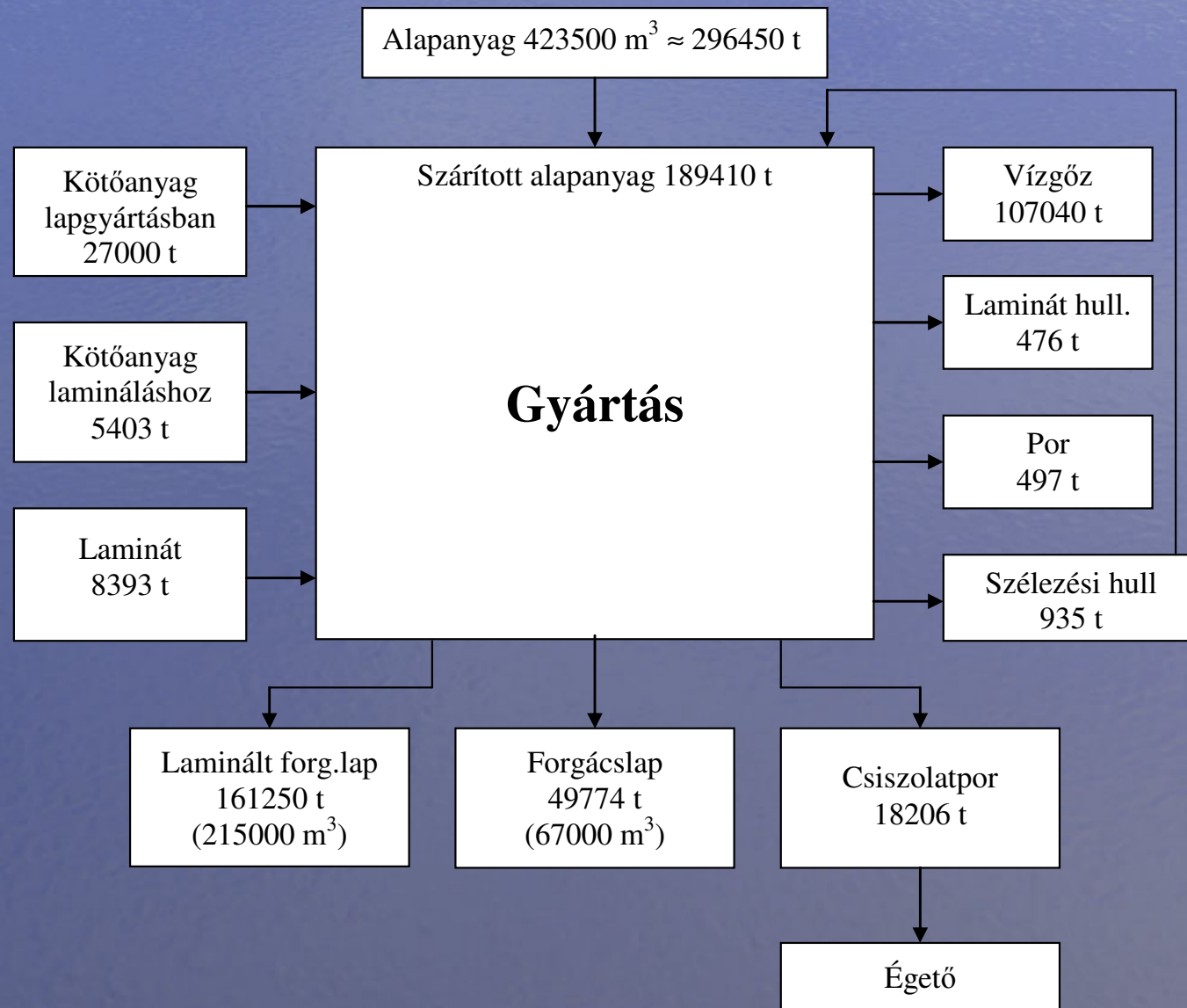
# Újrahasznosítási lehetőségek a forgácslapgyártásban

Kidolgoztunk a forgácslapban és a gyártás folyamatában történő faalapú hulladék/melléktermék újrahasznosításának és energetikai hasznosításának alap lehetőségeit a Forgácslapgyártó Zrt. segítségével, melyek szemléltetésére folyamatmodelleket állítottunk össze mind a faalapú hulladékok termelésbe integrálásáról, mind az egyéb, a termelés során keletkező fa és nem faalapú hulladékokra egyaránt.

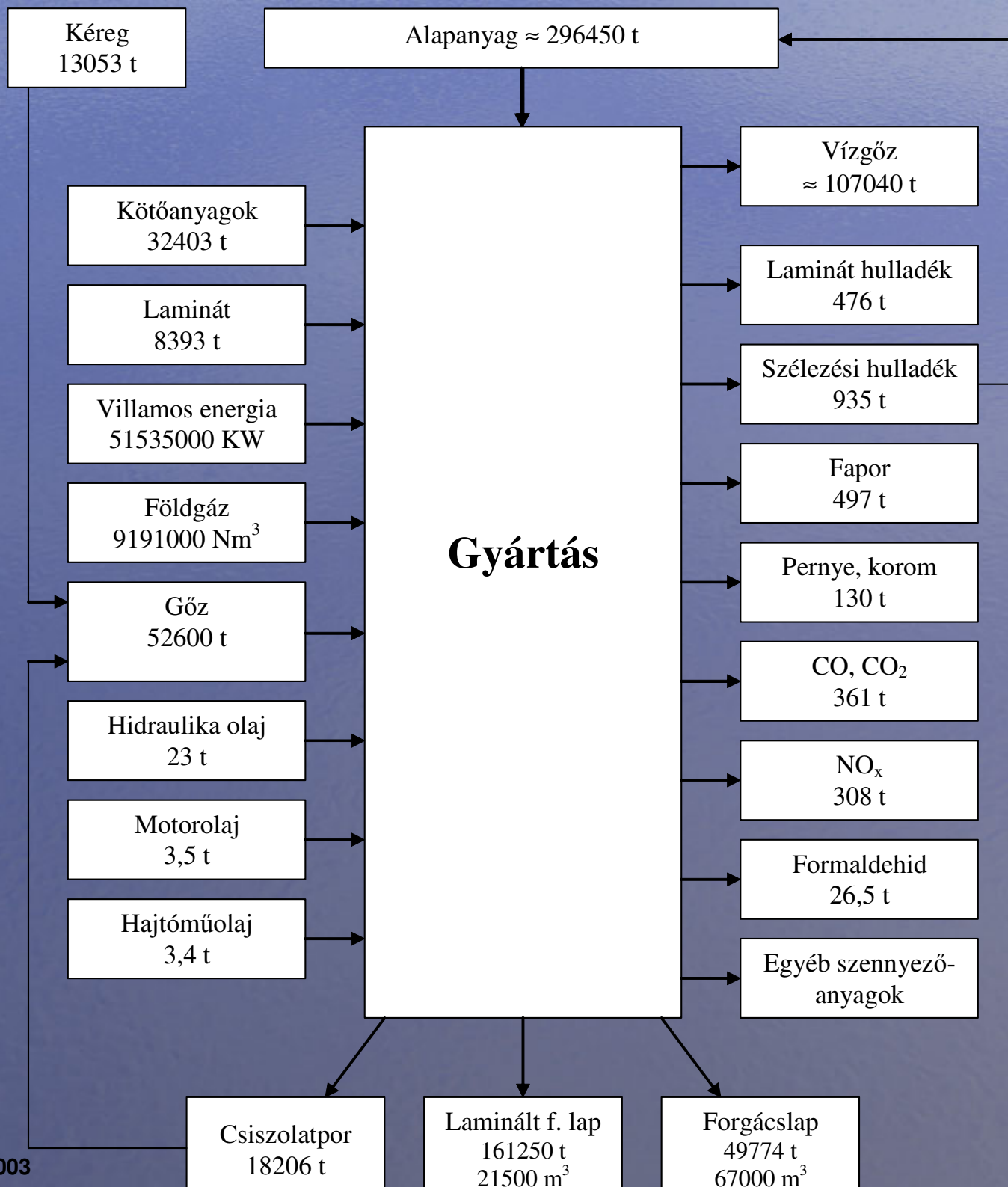
A folyamatmodellek, mely egyben - „rész ökológiai” modellnek is tekinthető - segítségével letisztulttá válhatott a vállalat hulladékgazdálkodása, valamint a feltárt hiányosságok és hibák is javításra kerülhettek.



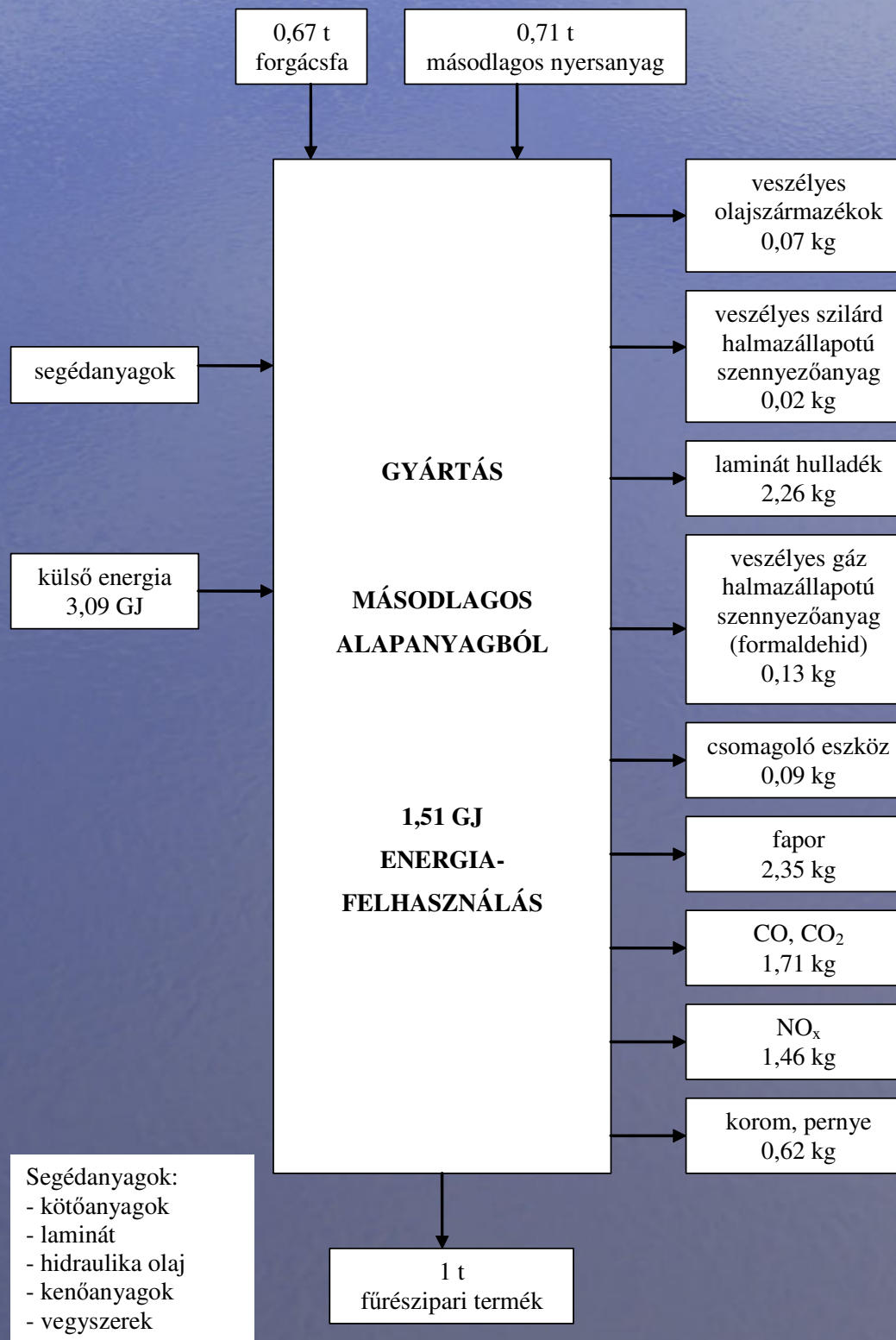
## A forgácslapgyártás rész-anyagmérlege



**Szennyezőanyag kibocsátás mértéke**

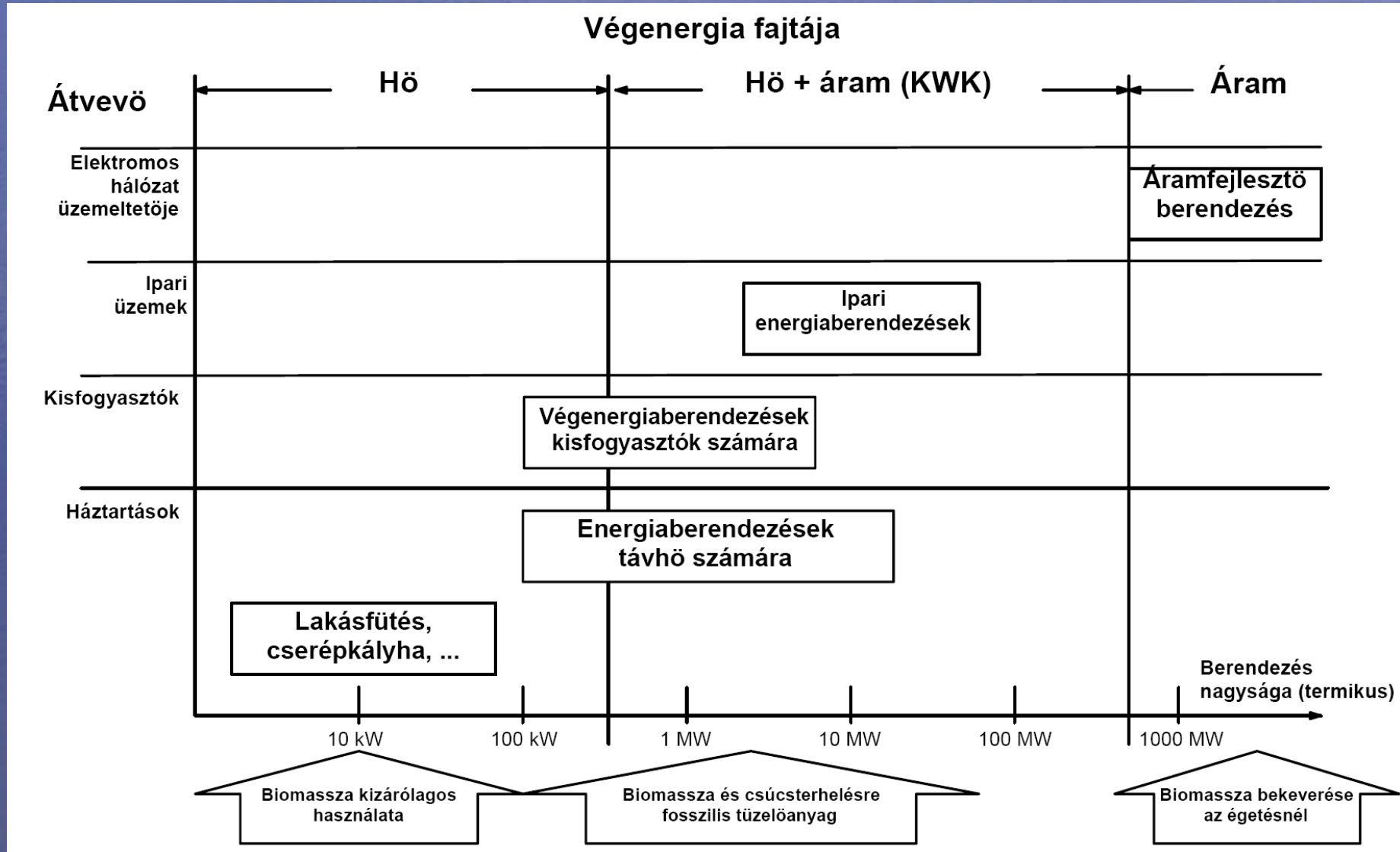


**A forgácslapgyártás összevont ökológiai mérlege  
ami az 1 tonna forgácslap előállítás energia- és  
szennyezőanyag  
kibocsátási mennyiségeit tartalmazza.**

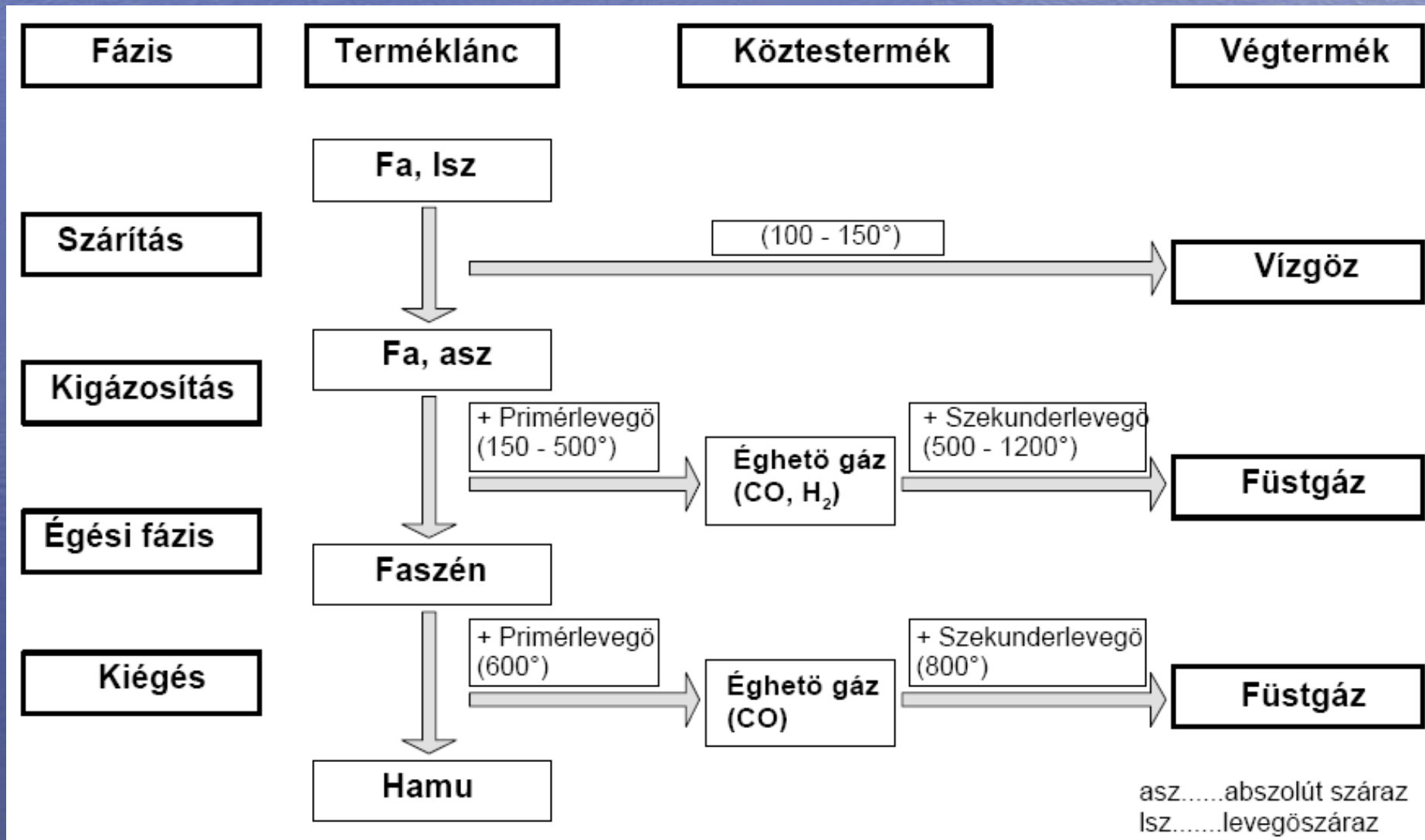


# Energetikai hasznosítás

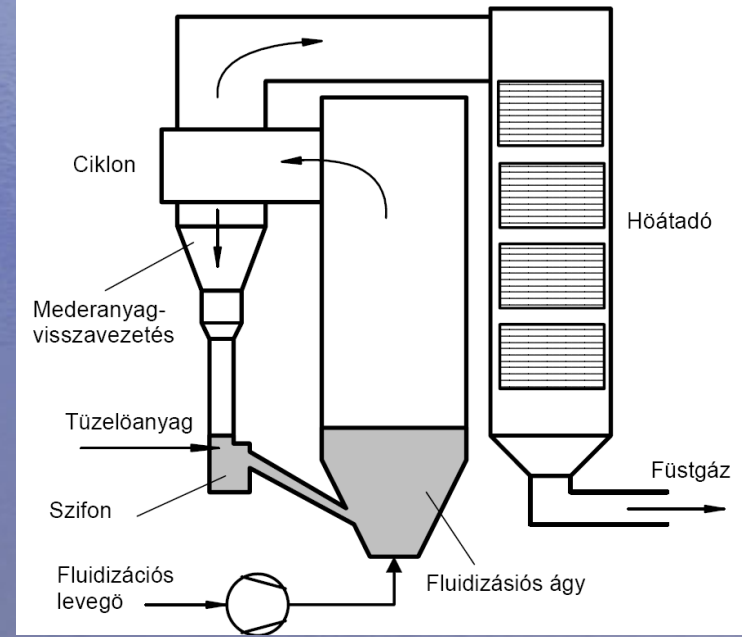
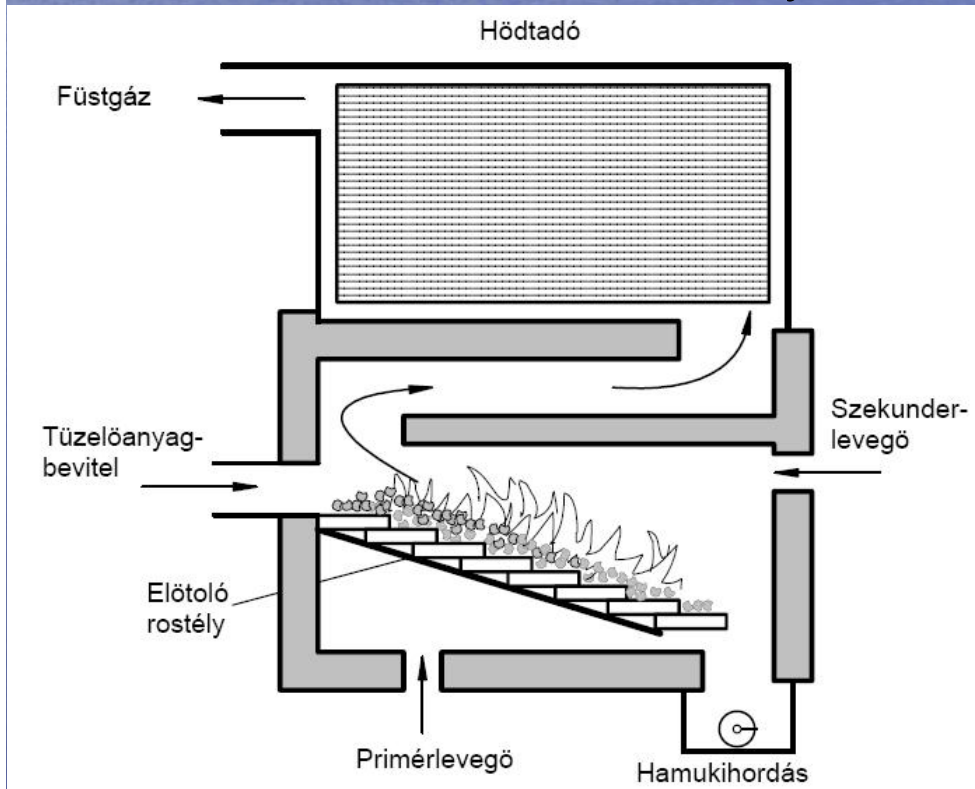
A faalapú hulladékok energetikai hasznosítása során hőt, áramot, vagy a kettő kombinációját kapjuk.



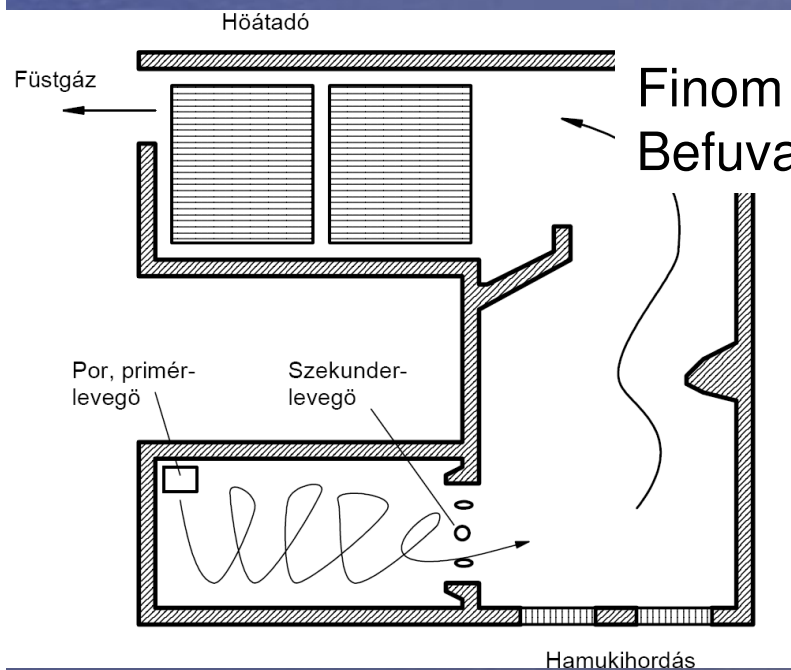
# Fahulladékok elégetésének sémája



# Fahulladék tüzelés előtoló rostélyos kazánban

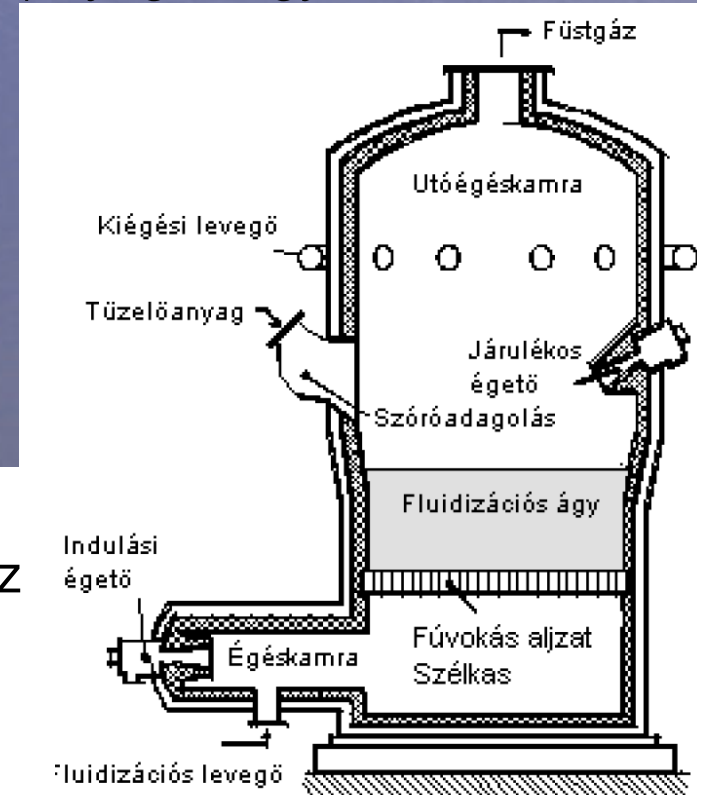


(a) Cirkulációs fluidkazán  
(b) nyugvó ágyas fluidkazán



Finom forgács:  
Befuvatásos tüzelés

SO<sub>3</sub> kilépésének megakadályozása az atmoszférába,  
 $CaO + SO_3 \rightarrow CaSO_4$   
 (gipsz)





**A fa- és egyéb szilárd hulladékokból többféle technológia szerint nyerhetünk gázt.**

**Egyik eljárás az oxidáló közegek kizárásával végzett hőbontás**

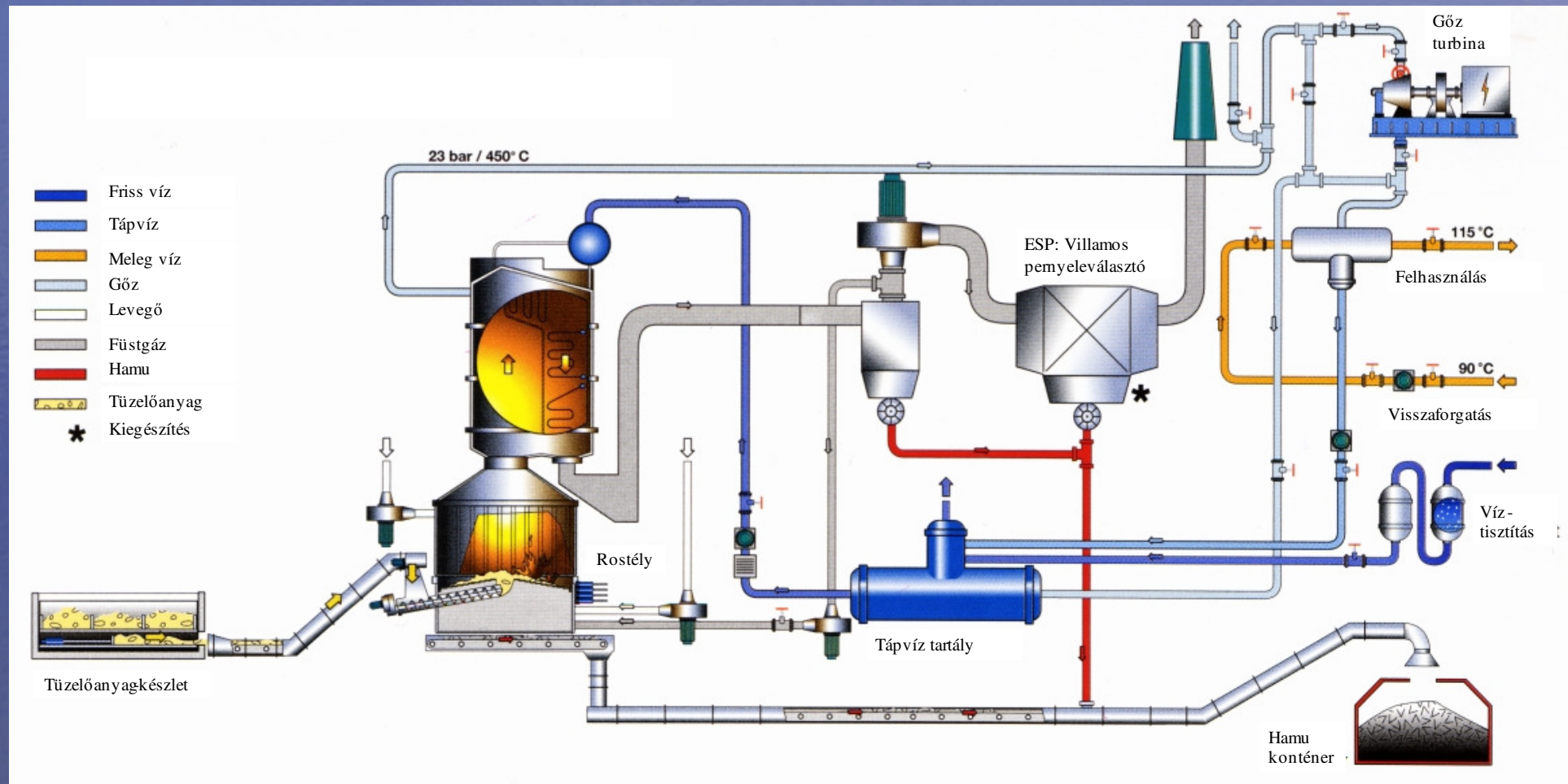
**(pirolízis)**. A pirolízis nagy karbontartalmú anyagok lebontását és depolimerizációját eredményezi. A folyamat egyik terméke a fagáz, amelyet energiaforrásként használhatunk. Rajta kívül szilárd terméként faszén, folyékony anyagként kátrány és kátrányos víz keletkezik.

**Másik eljárás oxidáló közeg (levegő, oxigén) jelenlétében végzett**

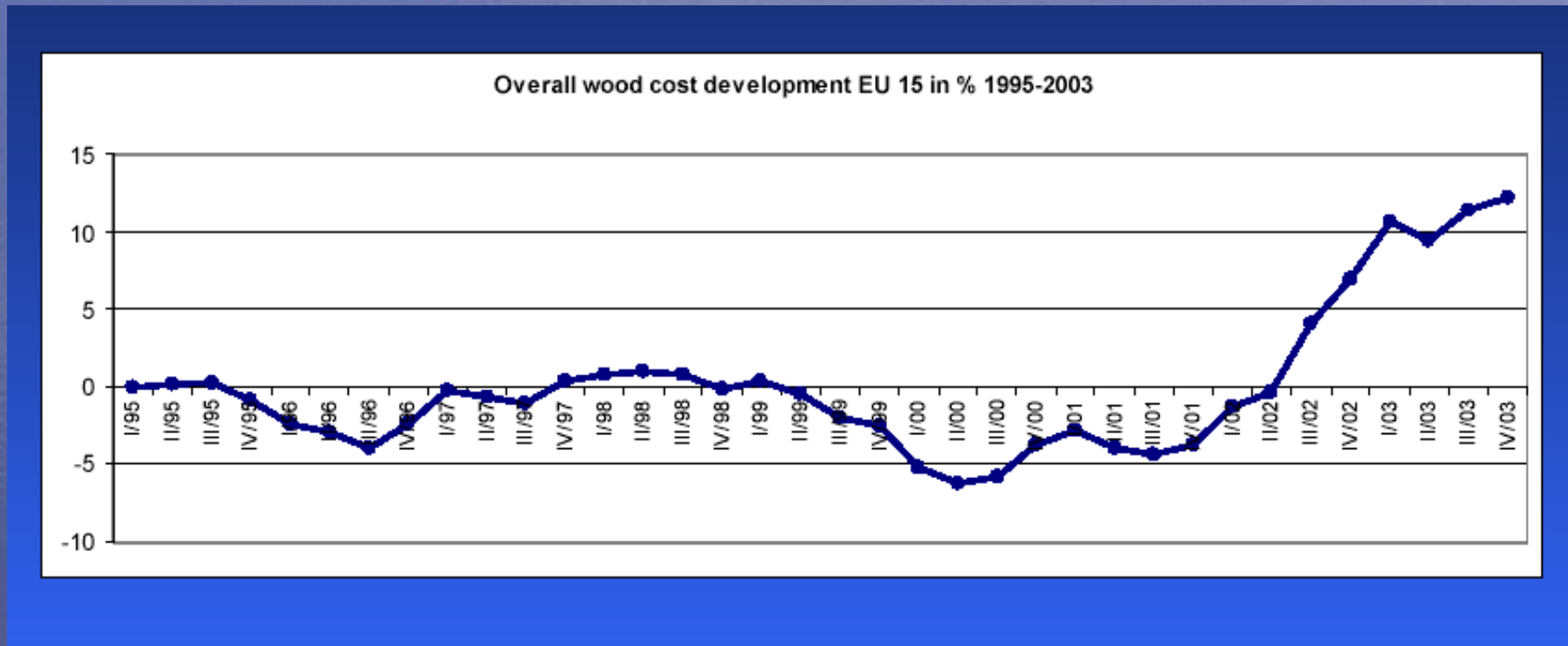
**elgázosítás**. Ebben az esetben az elgázosítás magas hőmérsékleten, a sztöchiometriai mennyiségnél kevesebb oxidáló közeg jelenlétében zajlik le. Ilyen feltételek mellett a fa erősen bomlik és polimerizálódik, kis molekulájú gázok és szénhidrogének (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> stb.) képződnek. Oxidáló közeg jelenlétében a szilárd anyag mennyisége erőteljesebben csökken, a szilárd és folyékony termékek (faszén, kátrány) képződését alacsonyabb szinten lehet tartani, melyeket hűtéssel, szűréssel és tisztítással távolítanak el.

**A fagáz hasznosításának energetikai versenyképességét akkor teremthetjük meg, ha a termelt fagázt jó hatásfokú gázmotorban használjuk fel!**

**A kapcsolt energiatermelés** (vagy másképp kogenerációs energiatermelés) fogalma (angol kifejezéssel: cogeneration) azt jelenti, hogy egy berendezéssel egyszerre többféle energiaszükségletet (pl. villamos energia, hőenergia) is kielégíthetünk.

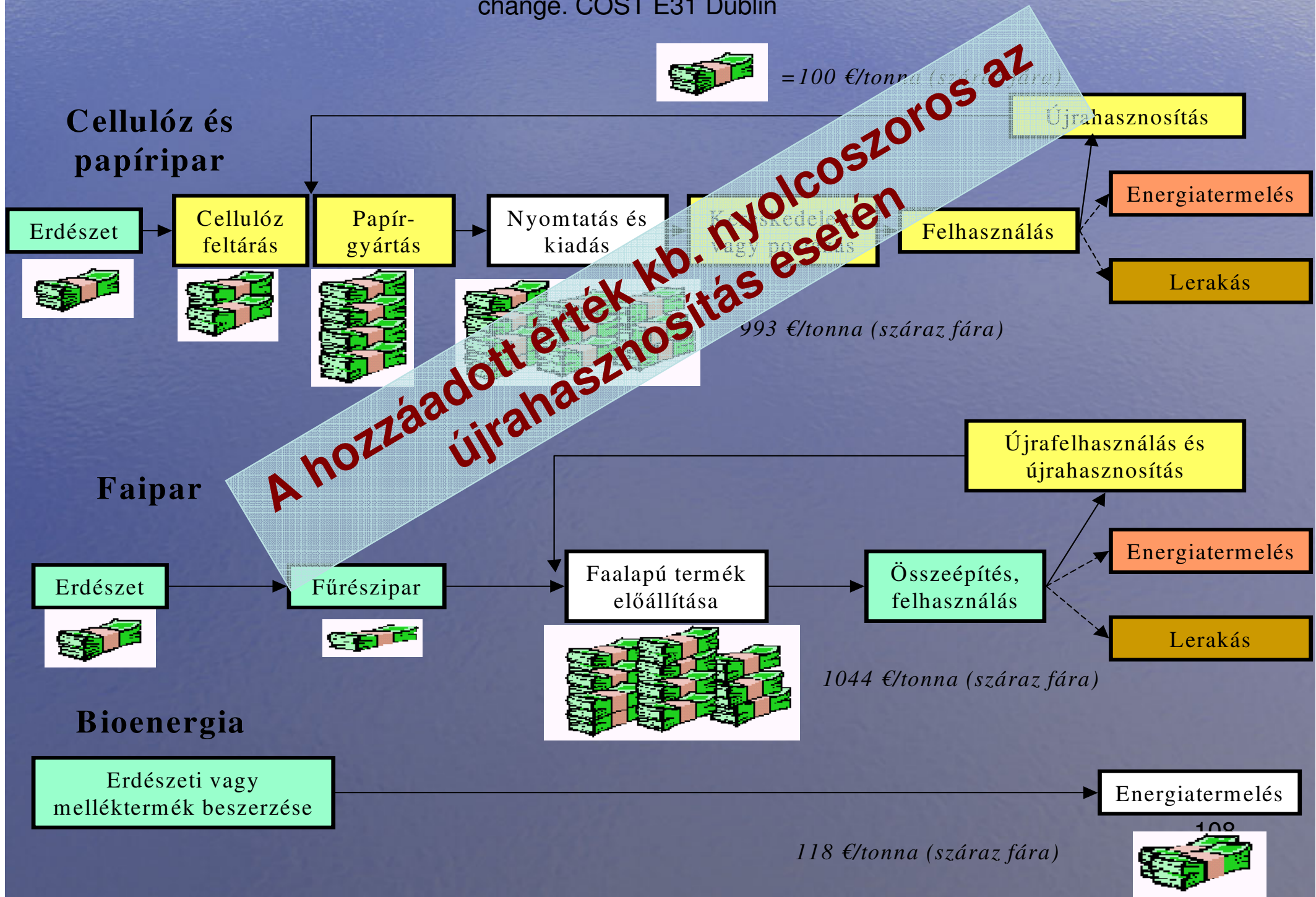


## Az átlagos nyersanyag-költségek növekedése az EU-ban 1995-2003 között

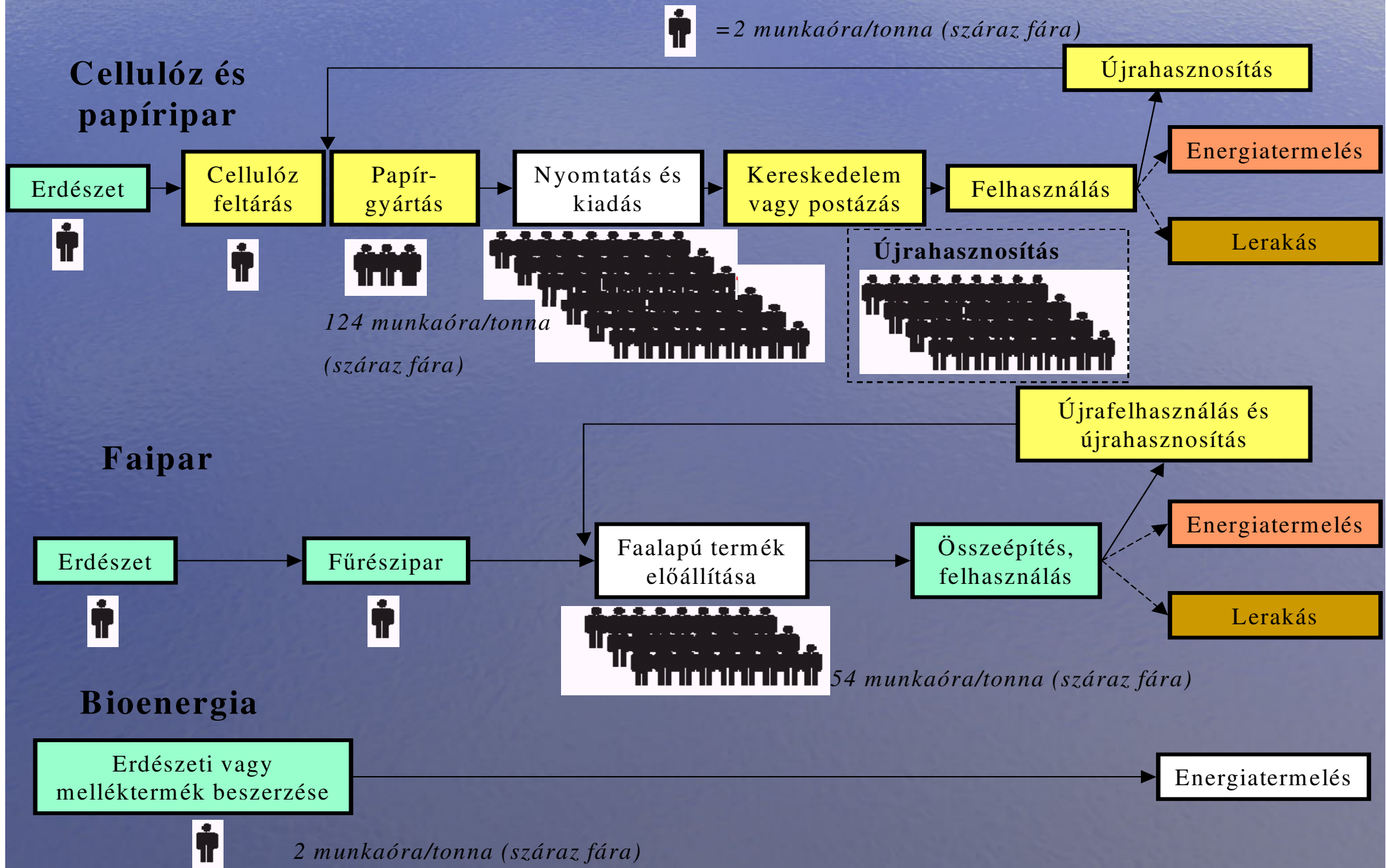


# A faanyag gazdasági értékének lehetőségei

Forrás: Chris van Riet (2005): Wood recycling mitigates climate change. COST E31 Dublin



# A faipari alapanyag társadalmi értékének lehetőségei



# Nem faalapú hulladékok komplex hasznosítása

Jól kifarrott módszerek és nehezen áttekinthető joganyagok

A vállalatok nyűgnek tekintik, mert nem ismerik



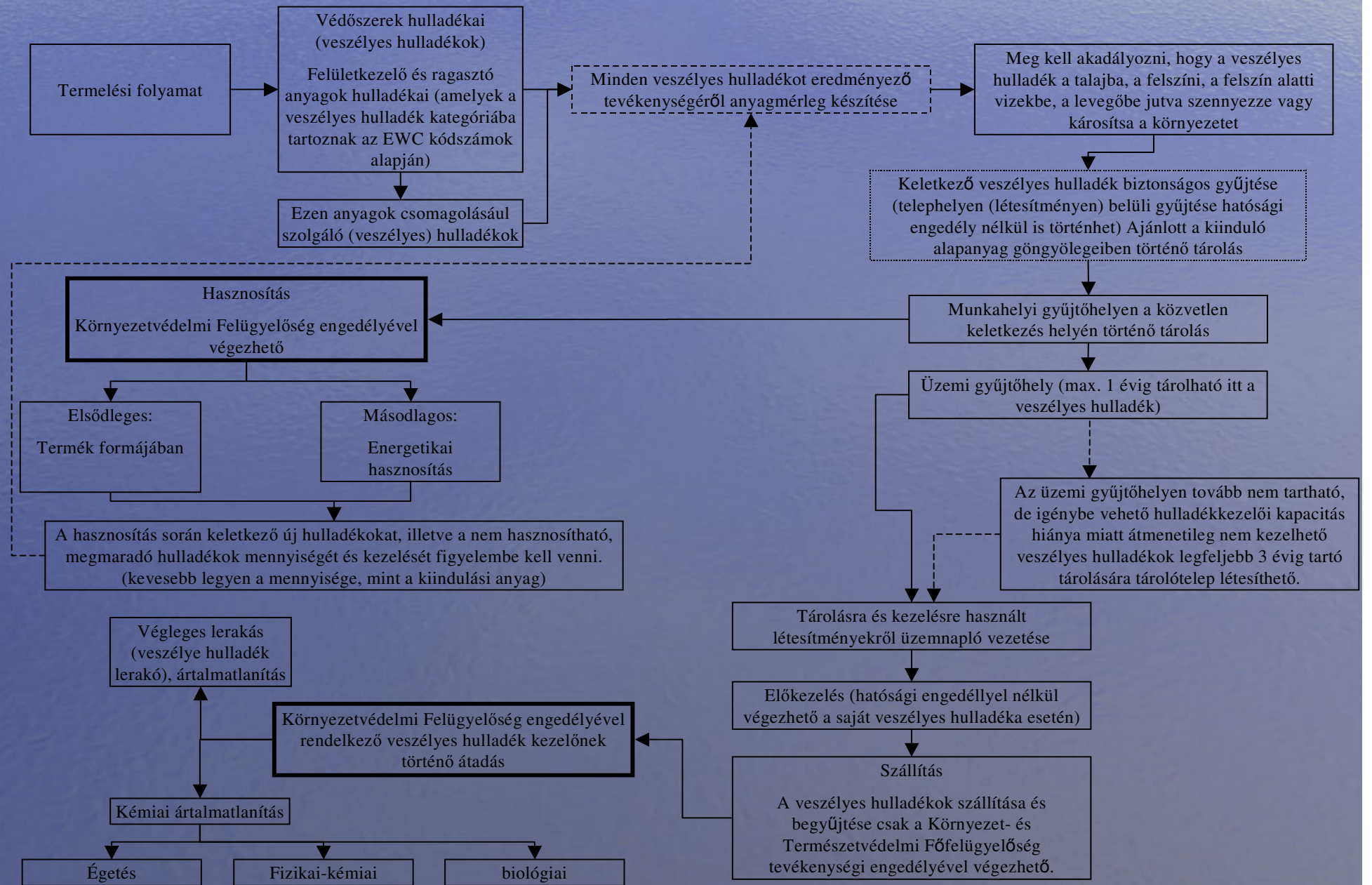
**Komplex hasznosíthatóságot összefogó folyamatábrák az adott lehetőségekkel az alábbi fő hulladéktípusokra:**

**Védőszerek, ragasztók, felületkezelő anyagok, tömítők és felhasználásuk során keletkező hulladékok**

**Csomagolási hulladékok (pl.: göngyölegek)**

**Gépek, járművek üzemeltetése és karbantartása során keletkező hulladékok**

**Egyéb nem beazonosított hulladékok (minősítés!)**



Kidolgoztam a faipari feldolgozás során a **faalapú hulladékok/ melléktermékek mellett keletkező egyéb fő hulladékokra, hulladékáramokra vonatkozó komplex folyamatábrákat** a faipari gyakorlat és a vonatkozó jogi aspektusok figyelembevételével. Ezen folyamatábrák tartalmazzák az általam környezetbarátnak ítélt lehetséges hasznosítási, esetenként ártalmatlanítási lehetőségeket is.

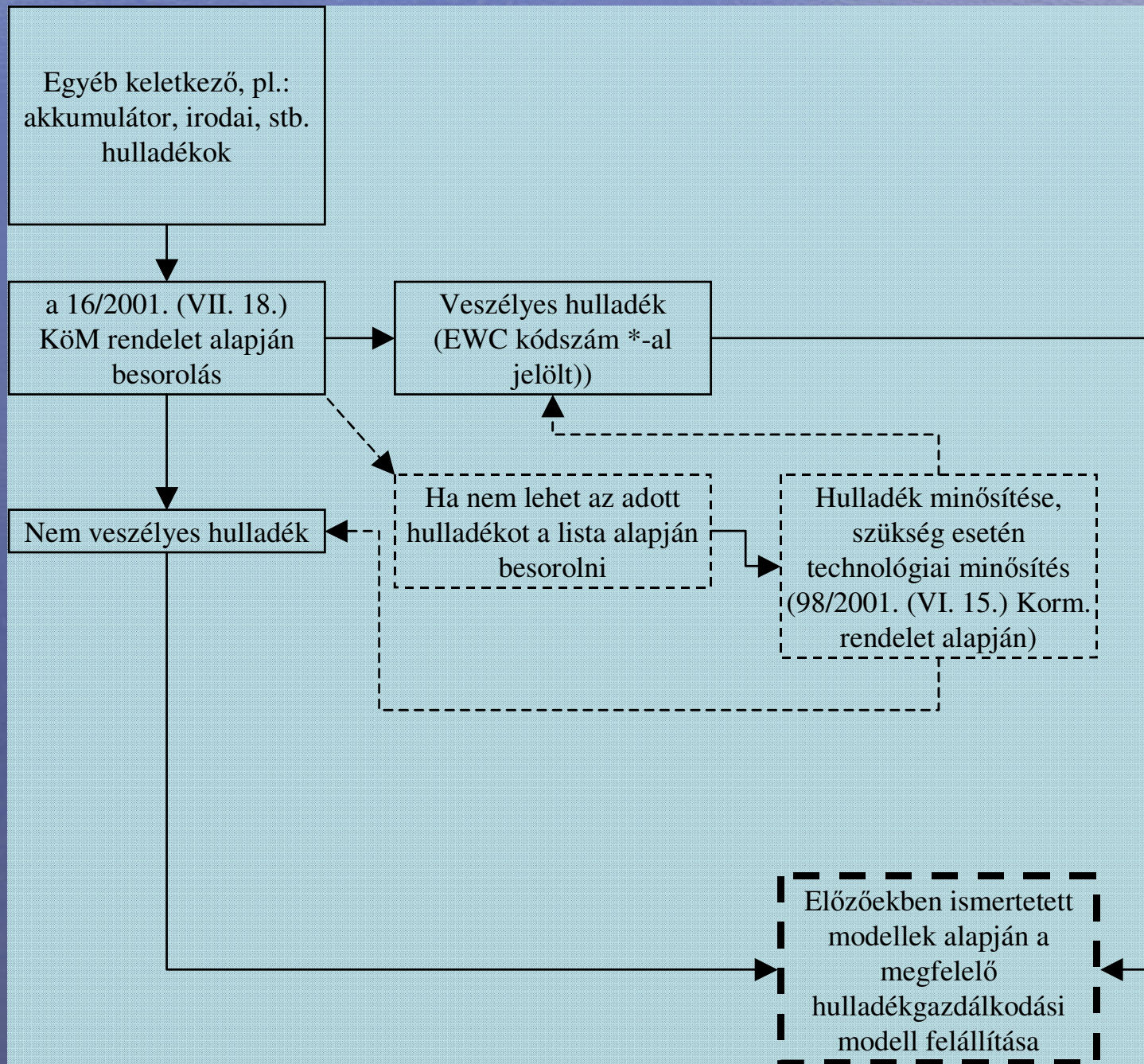
Védőszerek, ragasztók, felületkezelő anyagok, tömítők

Nem faalapú csomagolási hulladékok

A gépek, járművek üzemeltetése és karbantartása során keletkező hulladékok

**!Egyéb hulladékok esetleges veszélyességének besorolása!**

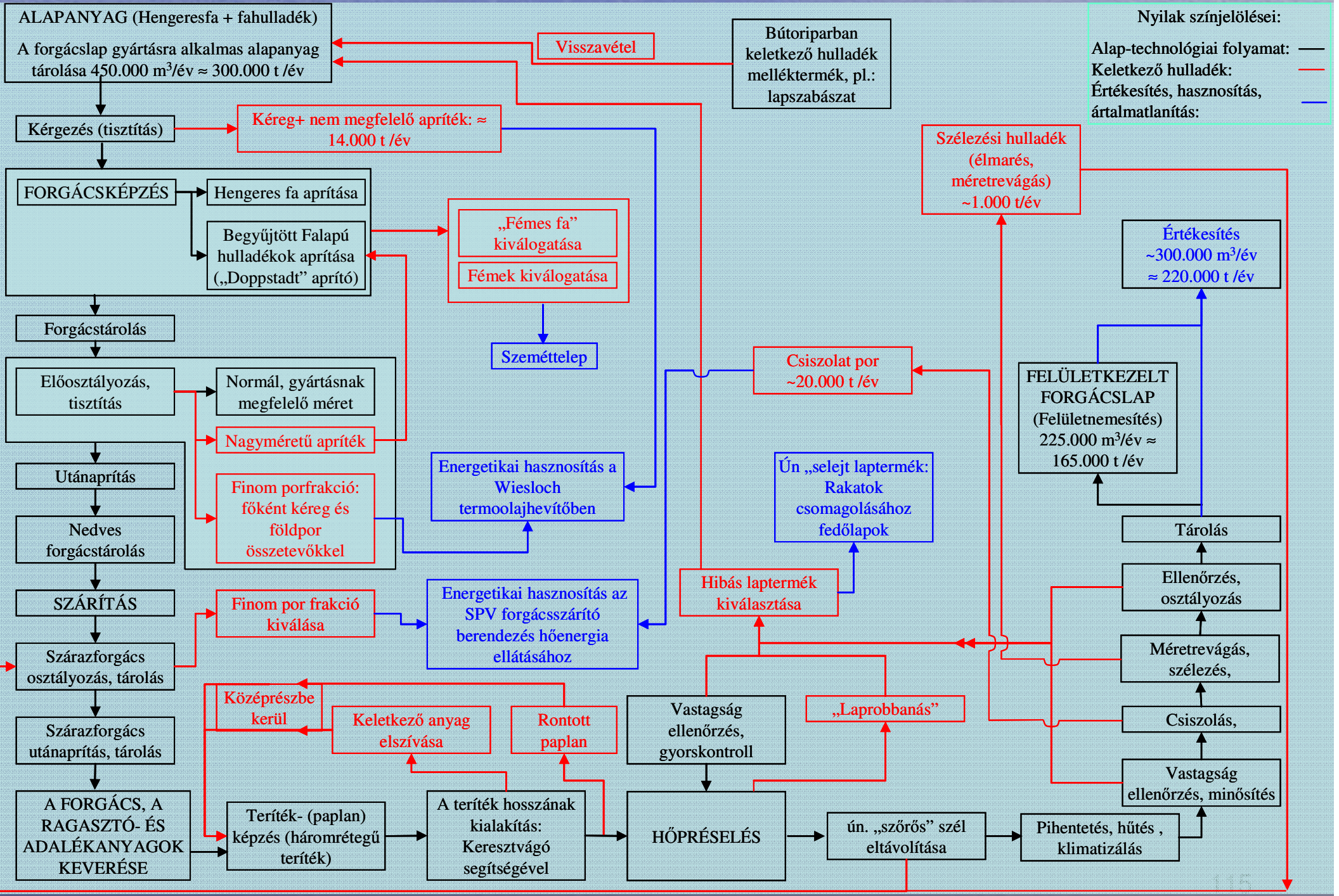




# Újrahasznosítási lehetőségek a forgácslapgyártásban

**Kidolgoztam a forgácslapban és a gyártás folyamatában történő faalapú hulladék/melléktermék újrahasznosításának és energetikai hasznosításának alap lehetőségeit a Forgácslapgyártó Zrt. segítségével, melyek szemléltetésére folyamatmodelleket állítottam össze mind a faalapú hulladékok termelésbe integrálásról, mind az egyéb, a termelés során keletkező fa és nem faalapú hulladékokra egyaránt.**

A folyamatmodellek, mely egyben - „rész ökológiai” modellnek is tekinthető - segítségével letisztulttá válhatott a vállalat hulladékgazdálkodása, valamint a feltárt hiányosságok és hibák is javításra kerülhettek.



# Hulladékok mennyiségének csökkentési lehetősége a gyakorlatban

Kidolgoztam egy újszerű lehetőséget arra vonatkozóan, hogy hogyan lehet a keletkező faalapú **hulladék/melléktermék mennyiségét csökkenteni tisztán manuális úton történő felmérés és elemzés, valamint a SIMUL8 termelés szimuláló szoftver segítségével.** A módszerrel akár mintegy 10-15%-os kihozatal növekedés érhető el a magasabb minőségű alapanyag esetén, mely nyilván ugyanilyen mértékű hulladék/melléktermék csökkenést vonz magával.

## Az ALAPANYAG!!!



A hosszúsági méretek jelentős méretszóródása a hosszvágás során keletkező eselékek mennyiségének növekedését, és ezáltal a rosszabb kihozattal eredményezi, melyet az hosszleszabás optimalizálásának megnehezítése (az állandóan változó hosszúságok) tovább ront.

# 1. Hosszleszabás során keletkező darabos hulladékok („hibátlan”, repedés, göcs)



Elemzés ideje	Hosszleszabás során keletkező melléktermék, hulladék típusai			Összes hulladék	Leszabóhoz, feldolgozásra került anyag mennyisége [m <sup>3</sup> ]
	Repedt [m <sup>3</sup> ]	Göcsös [m <sup>3</sup> ]	Hibátlan (méreten aluli melléktermék) [m <sup>3</sup> ]		
2007. október 3.	0,070	0,010	0,015	0,095	1,607
2007. október 11.	0,054	0,009	0,014	0,077	1,817
2007. október 18.	0,033	0,010	0,027	0,070	1,397
1 m <sup>3</sup> feldolgozott anyagra vonatkoztatott relatív átlag	0,032	0,006	0,012	0,051	1,000
1 m <sup>3</sup> feldolgozott anyagra vonatkoztatott értékek [%]	3,2	0,6	1,2	5,1	100,0

## 2. Sorozatvágó körfűrészgépen történő megmunkálás elemzése



**Visszaforgatható melléktermék**



**További termék előállításra alkalmatlan  
(nem hasznosítható) hulladék**

## 3. Négyoldali megmunkálás elemzése

Leszabónál keletkező, valamint feldolgozásra váró rakatok	Legyártandó alkatrészek sorszáma	Hosszleszabó körfűrészgép					Sorozatvágó körfűrészgép			
		Hosszleszabás során keletkező melléktermék, hulladék típusai					Sorozatvágónál keletkező termék befoglaló méretei [mm]			
		Repedt [m³]	Göcsös [m³]	Hibátlan (méretben aluli melléktermék) [m³]	Összes hulladék	A leszabóhoz, feldolgozásra került anyag mennyisége [m³]	Sorozatvágóhoz került anyag mennyisége [m³]	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság [mm]
Összes rakat		0,070	0,010	0,015	0,095	1,607	1,512	-	-	-
I. rakat	42747 és 42161						0,392	30	60	1170
	51408							30	60	1170
II. rakat	51350						0,515	30	60	540
	52265							30	80	770
III. rakat	54714						0,604	30	46	770
I. rakat visszafogatott	51350	0,026	0,004	0,007	0,037	0,148	0,111	30	60	540
III. rakat visszafogatott	40658						0,177	30	33	770
	55181							30	40	770
Statistikailag számított lehetséges visszafogatás	xxxxx	-	-	-	-	0,016	0,143	0,127	-	-

	visszafogatásra került anyag
	Sorozatvágó körfűrészgépen alapanyagmegmunkálás
	Sorozatvágó körfűrészgépen melléktermék-megmunkálás
	Statistikailag számított lehetséges visszafogatásból adódó értékek
123	Egyes megmunkálási szakaszok után keletkező összes anyag
123	Egyes megmunkálási szakaszok után keletkező termék
123	Egyes megmunkálási szakaszok után keletkező melléktermék
123	Egyes megmunkálási szakaszok után keletkező hulladék

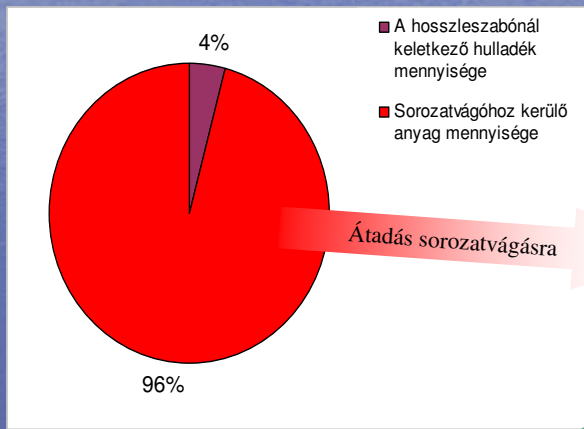
## Egy vizsgált rakat feldolgozása során keletkező termékek, melléktermékek és hulladékok mennyiségi értékei

Leszabónál keletkező, valamint feldolgozásra váró rakatok	Legyártandó alkatrészek sorszáma	Sorozatvágó körfűrészgép									
		Elsődleges sorozatvágás, visszafogatás nélkül					Másodlagos sorozatvágás, visszafogatás után				
		Sorozatvágónál keletkező termék [m³]	Sorozatvágónál keletkező termék [db]	Sorozatvágónál visszafogható melléktermék [m³]	Sorozatvágónál keletkező hulladék [m³]	Sorozatvágóról kikerülő összes anyag (termék+melléktermék+hulladék) [m³]	Sorozatvágónál keletkező termék [m³]	Sorozatvágónál keletkező termék [db]	Sorozatvágónál visszafogható melléktermék [m³]	Sorozatvágónál keletkező hulladék [m³]	Sorozatvágóról kikerülő összes anyag (termék+melléktermék+hulladék) [m³]
Összes rakat	-	0,843	-	0,468	0,186	1,498	1,083	-	0,040	0,306	1,430
I. rakat	42747 és 42161	0,143	68	0,148	0,036	0,376					
	51408	0,048	23								
II. rakat	51350	0,295	303	0,143	0,066	0,504					
	52265	0,272	147								
III. rakat	54714	0,085	80	0,177	0,084	0,618					
I. rakat visszafogatott	51350						0,042	43	0,025	0,038	0,105
III. rakat visszafogatott	40658						0,047	62		0,046	0,171
	55181						0,078	84			
Statistikailag számított lehetséges visszafogatás	xxxxx						0,074	-	0,015	0,036	0,126

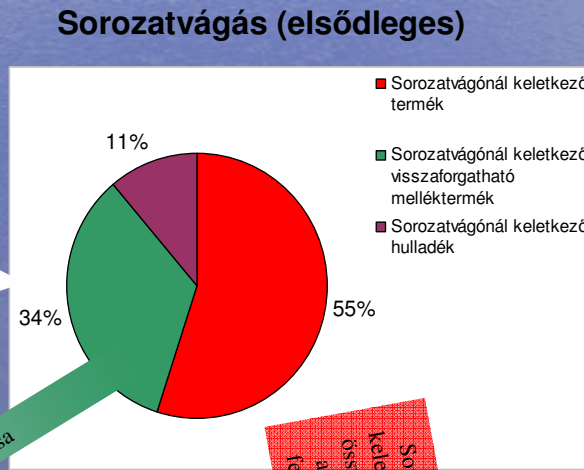
Sorozatvágónál keletkező, valamint feldolgozásra váró rakatok	Legyártandó alkatrészek sorszáma	Keresztmetszet megmunkáló						Megmunkálás után keletkező termék befoglaló méretei [mm]			Pontos hosszúság kialakítása		Megjegyzés
		A megmunkáláshoz került anyag mennyisége [m³]	A megmunkálónál keletkező termék [m³]	A megmunkálónál keletkező termék [db]	A megmunkálónál keletkező selejt melléktermék [db]	A megmunkálónál keletkező összes hulladék (selejt+por-forgács) [m³]	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság [mm]	Pontos hosszúság [mm]	Pontos hosszúsági kialakítás során keletkező eselék [m³]		
Összes rakat		1,083	0,722	-	-	0,362	-	-	-	-	0,067		
I. rakat	42747 és 42161	0,143	0,093	66	2	0,051	24	50	1170	1135	0,003		
	51408	0,048	0,031	22	1	0,018	24	50	1170	1135	0,001		
II. rakat	51350	0,295	0,184	263	40	0,110	24	54	540	467	0,025		
	52265	0,272	0,194	140	7	0,078	24	75	770	706	0,016		
III. rakat	54714	0,085	0,058	78	2	0,027	24	40	770	742	0,002		
I. rakat visszafogatott	51350	0,042	0,028	40	3	0,014	24	54	540	467	0,004		
III. rakat visszafogatott	40658	0,047	0,029	62	0	0,019	24	25	770	291*2	0,009	Toldással: 24*50*291	
	55181	0,078	0,050	84	0	0,028	24	32	770	232*3	0,005	24*32*232=4 db	
Statistikailag számított lehetséges visszafogatás	xxxxx	0,074	0,056	-	-	0,018	-	-	-	-	0,003		



# Egy vizsgált, „optimalizált” rakat feldolgozásának folyamatábrája a megmunkálás során keletkező termékek, melléktermékek és hulladékok százalékos értékeivel



Hosszleszabás

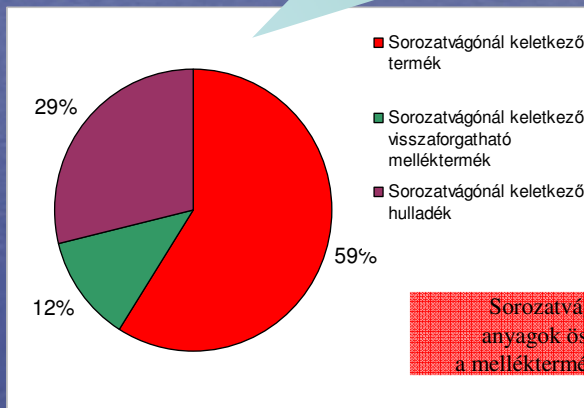


Sorozatvágás (elsődleges)

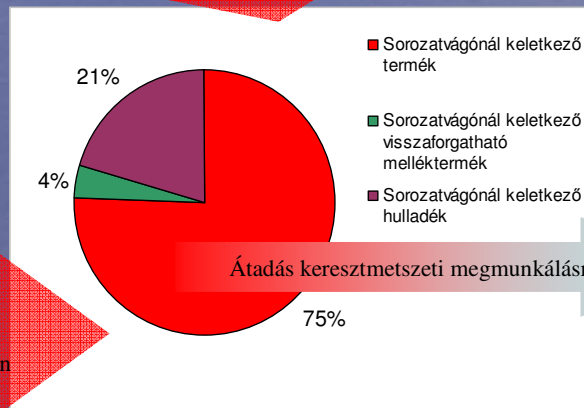
Átadás sorozatvágásra

Melléktermék feldolgozása

Sorozatvágónál keletkező anyagok összesített arányai, a melléktermék feldolgozása után



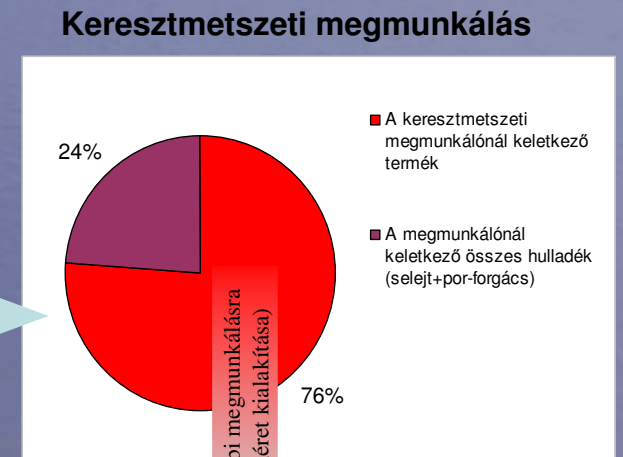
Sorozatvágás (másodlagos)



Sorozatvágás (összesített)

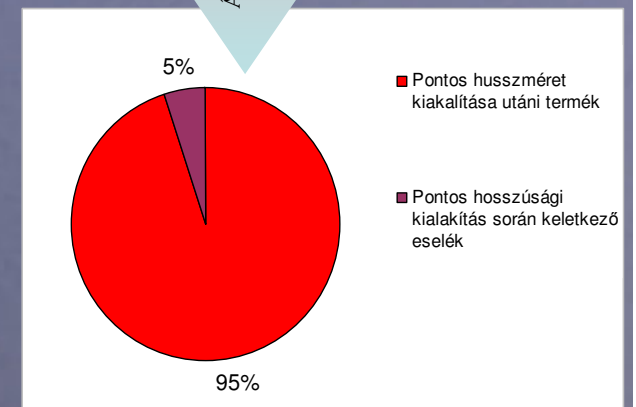
Sorozatvágónál keletkező anyagok összesített arányai, a melléktermék feldolgozása után

Átadás keresztmetszeti megmunkálásra



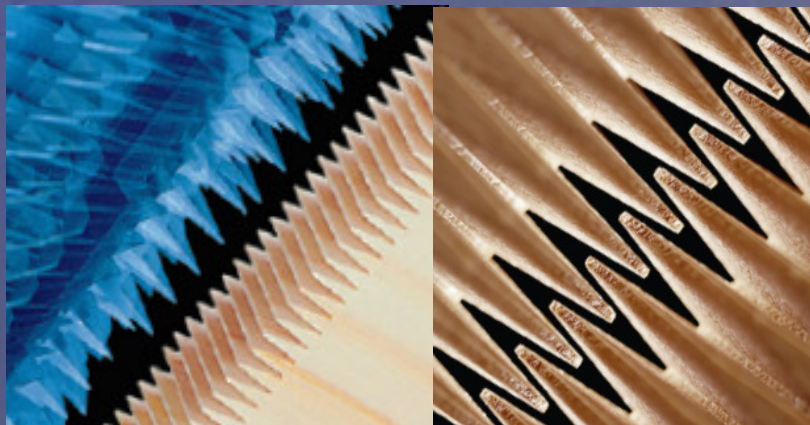
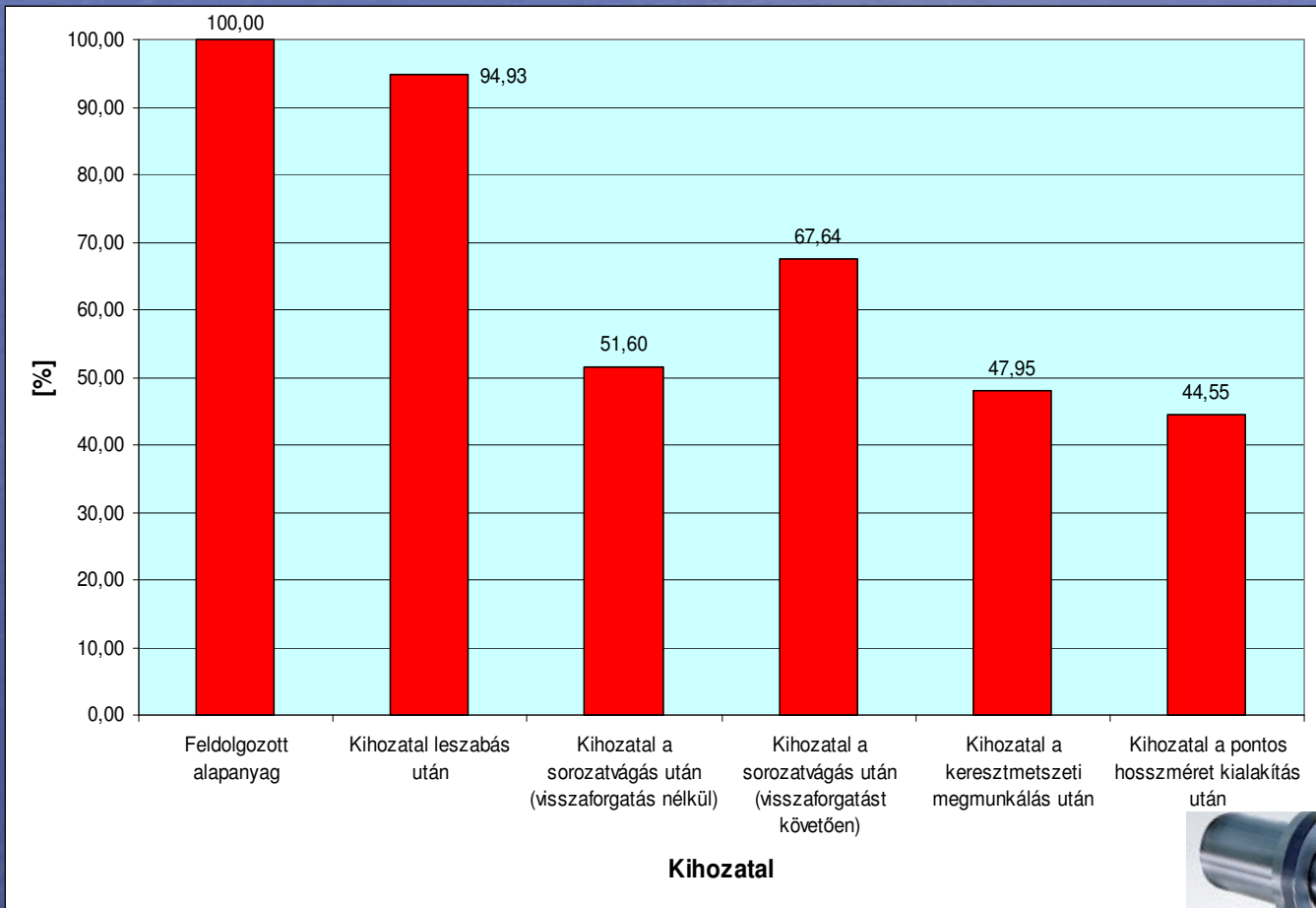
Keresztmetszeti megmunkálás

Átadás további megmunkálásra (pl. hosszmetret kialakítása)



Pontos hosszkialakítás

# A vizsgált rakatok megmunkálási fázisait követő átlagos kihozatali értékei



## Megelőzés, hulladék minimalizálás SIMUL8 termelés szimuláló szoftver segítségével

A megvalósítás koncepciója szerint arra törekszik, hogy egyrészt a valóságnak megfelelően modellezze a termelés folyamatát, másrészt pedig a termelés során számítható adatokat megjelenítse. Ez feldolgozásban részt vevő gépek termelési adatait jelenti, amelyek alapján a beállítható paraméterek segítségével a termelés kimenetele befolyásolható, és így a modell vagy könnyen a valósághoz igazítható, vagy egy optimális termelési stratégia állítható össze a segítségével.

### **A szimuláció elve és eredménye**

„Rosszabb és jobb” minőségű alapanyag alapján új állapotok generálása!

A rosszabb minőségű alapanyag esetén a hulladék/melléktermék hányad jelentősen megnő, egyúttal a kihozatal kb. 12%-kal csökken, míg jobb anyag vásárlása esetén ez a folyamat pontosan fordított irányú

A jobb minőségű anyag vizsgálatánál olyan anyagot vettem figyelembe, ahol mind az anyag minősége, mind pedig dimenziói a belőlük gyártott termékek szempontjából optimálisak, míg a rosszabb minőségű anyagnál pontosan ezen ismérveket változtattam meg a nem kívánatos szempontoknak megfelelően. Ennek eredményeként a hulladék/melléktermék hányad lecsökken, a **kihozatal pedig cca. 13%-kal megnő.**



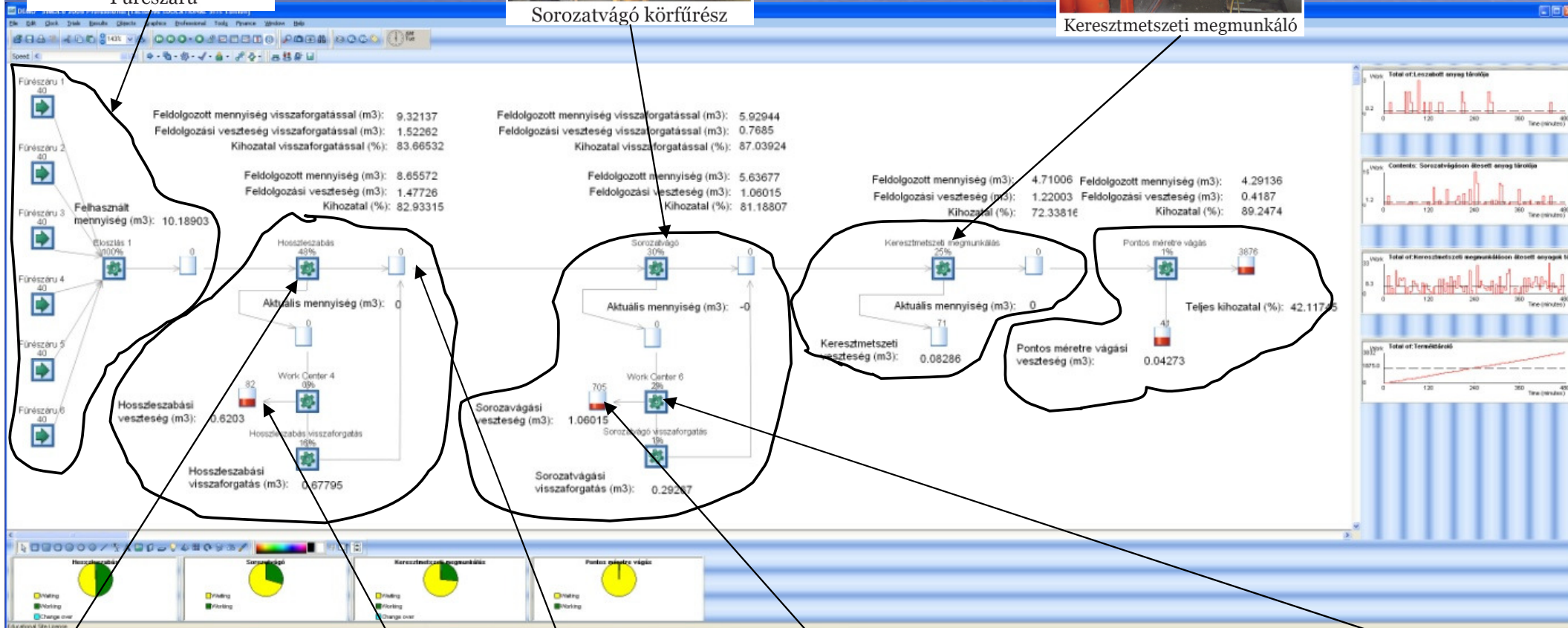
Fűrészáru



Sorozatvágó körfűrész



Keresztmetszeti megmunkáló



Hosszleszabó körfűrész



Hosszleszabási veszteség



Hosszleszabás után keletkezett termék



Sorozatvágási veszteség



Sorozatvágási visszaforgatandó anyag

