



# VIZSGABIZTOS KÉPZÉS

Kiegészítő képzés

## 2-M.8. Nehéz dízelmotorok

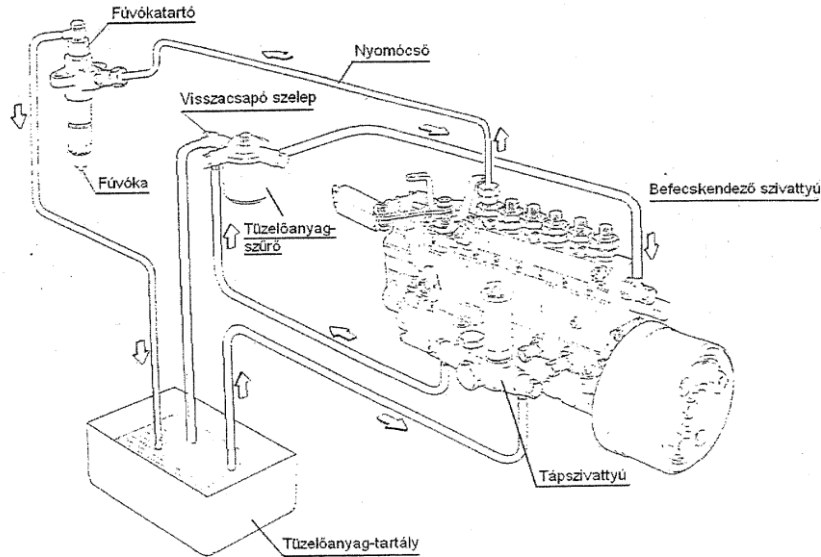
Finichiu Liviu

Budapest, 2010.

## Nehéz dízelmotorok (3500Kg felett) tüzelőanyag ellátó berendezési, emisszió.

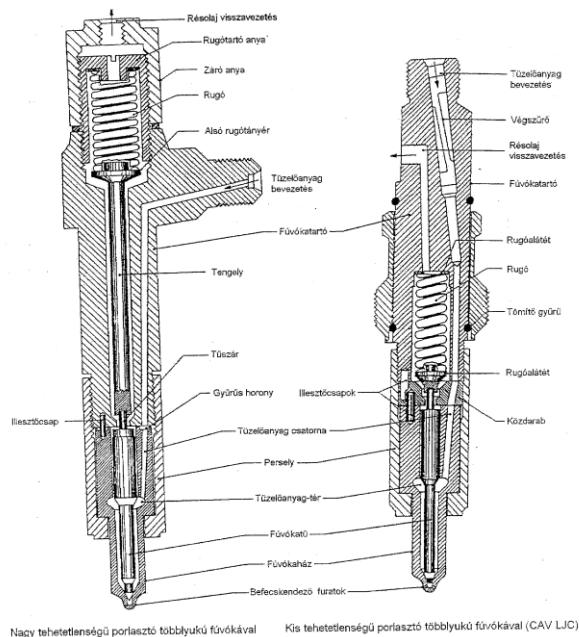
### 1) Tüzelőanyag ellátó berendezések.

Napjainkban meg mindig nehéz dízelmotorokon találunk „ hagyományos” soros, forgódugattyús befecskendező-szivattyúkat. Egy ilyen rendszert szemléltet az 1. ábra.



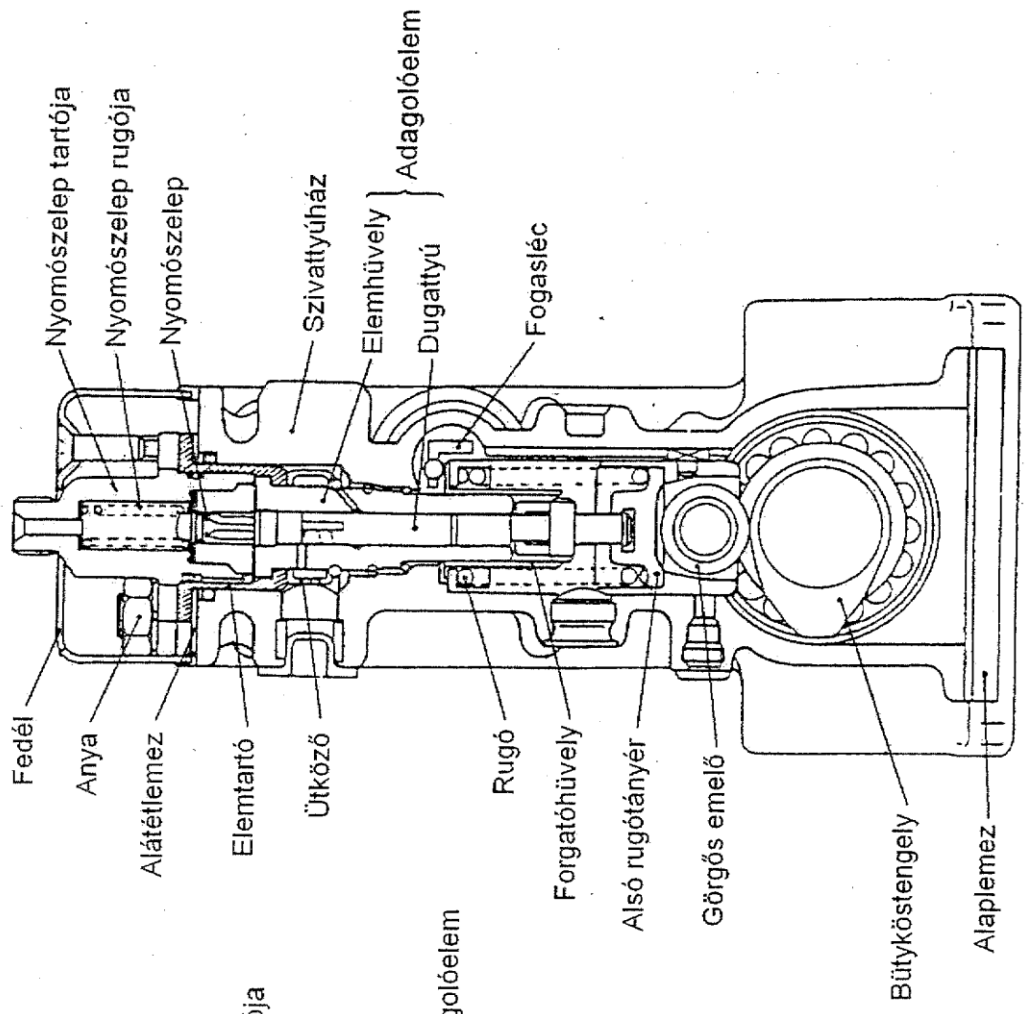
1. ábra. Soros, forgódugattyús befecskendező-rendszer

Ezek a befecskendező rendszerek nagyteljesítményű porlasztókkal vannak szerelve. (2. ábra)

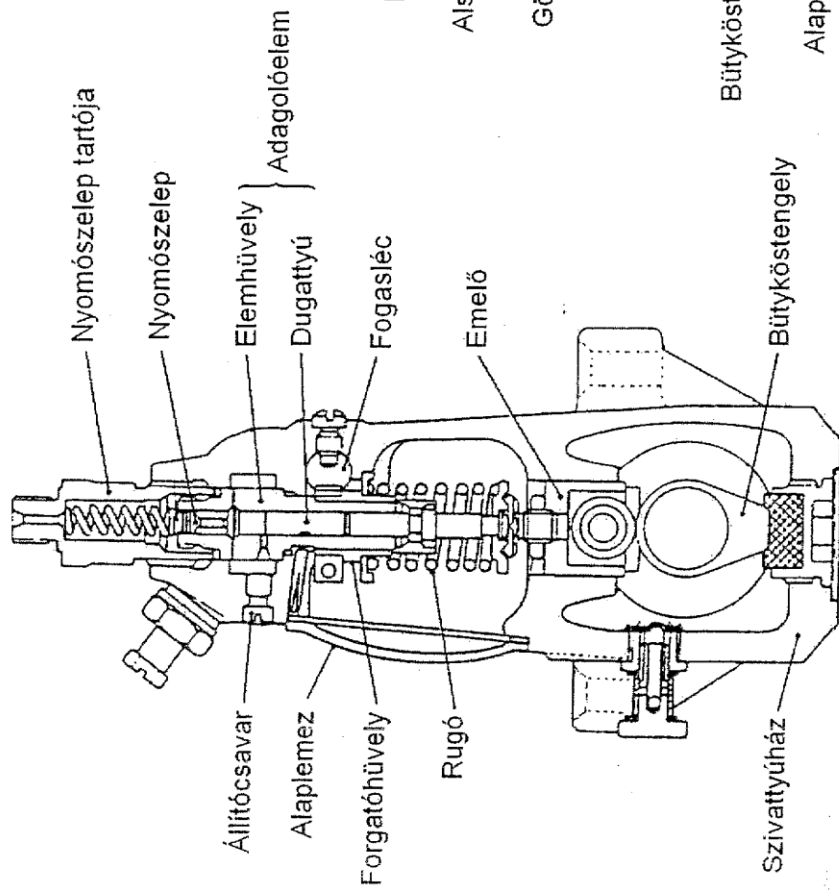


2. ábra. Dízel porlasztók

A nehéz dízelmotorok befecskendező-szivattyúk szerkezeti kialakítása, összehasonlítva a kisteljesítményűekkel a 3. ábrán látható.



PE-P típusú adagoló

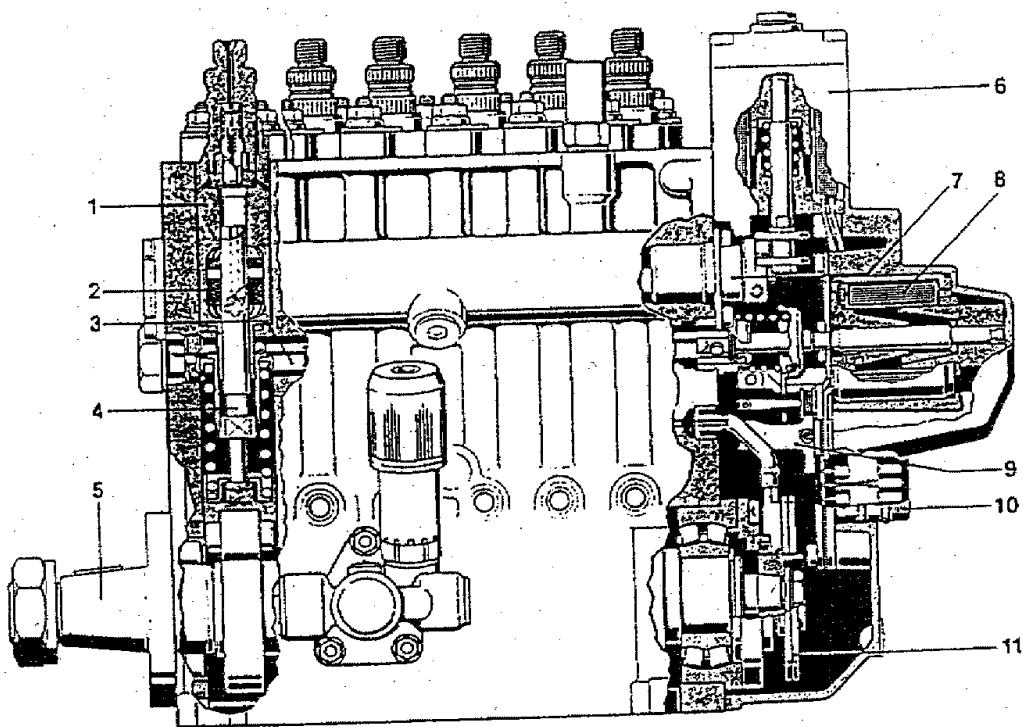


PE-A típusú adagoló

## 3. ábra

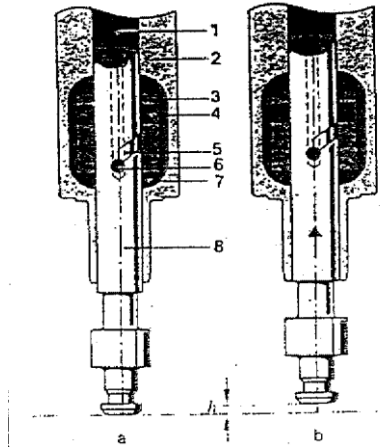
Lökettolóvás soros befecskendező-szivattyú. (Soros befecskendező-szivattyú EDC-vel)

A soros forgódugattyús befecskendező-szivattyú úgy vezérelhető elektronikusan, hogy a fogasléc illetve a töltésállító rúd megfelelő helyzetét elektromágnes állítja be. Az elektromágnes közvetlenül a fogasléchez kapcsolódik.(4. ábra).A tekercs árammentes állapotában egy rugó tartja a fogasléctet nulla töltésen. Az elektronikus vezérlő egység (EVE) négyzet jelekkel működteti a tekercset. A töltésállító-rúd helyzetét égy merülő vasmagos inductív jeladó. Az előbefecskendezés állító a lökettolóvás szerkezet.(5. ábra). A befecskendezett mennyiséget élvezérléssel állítják be az elem dugattyú elfordításával, a szállításkézetet a tolóka magassági helyzete határozza meg. Visszacsatolásra az egyik porlasztóba épített túmozgás-érzékelő jelét használják.



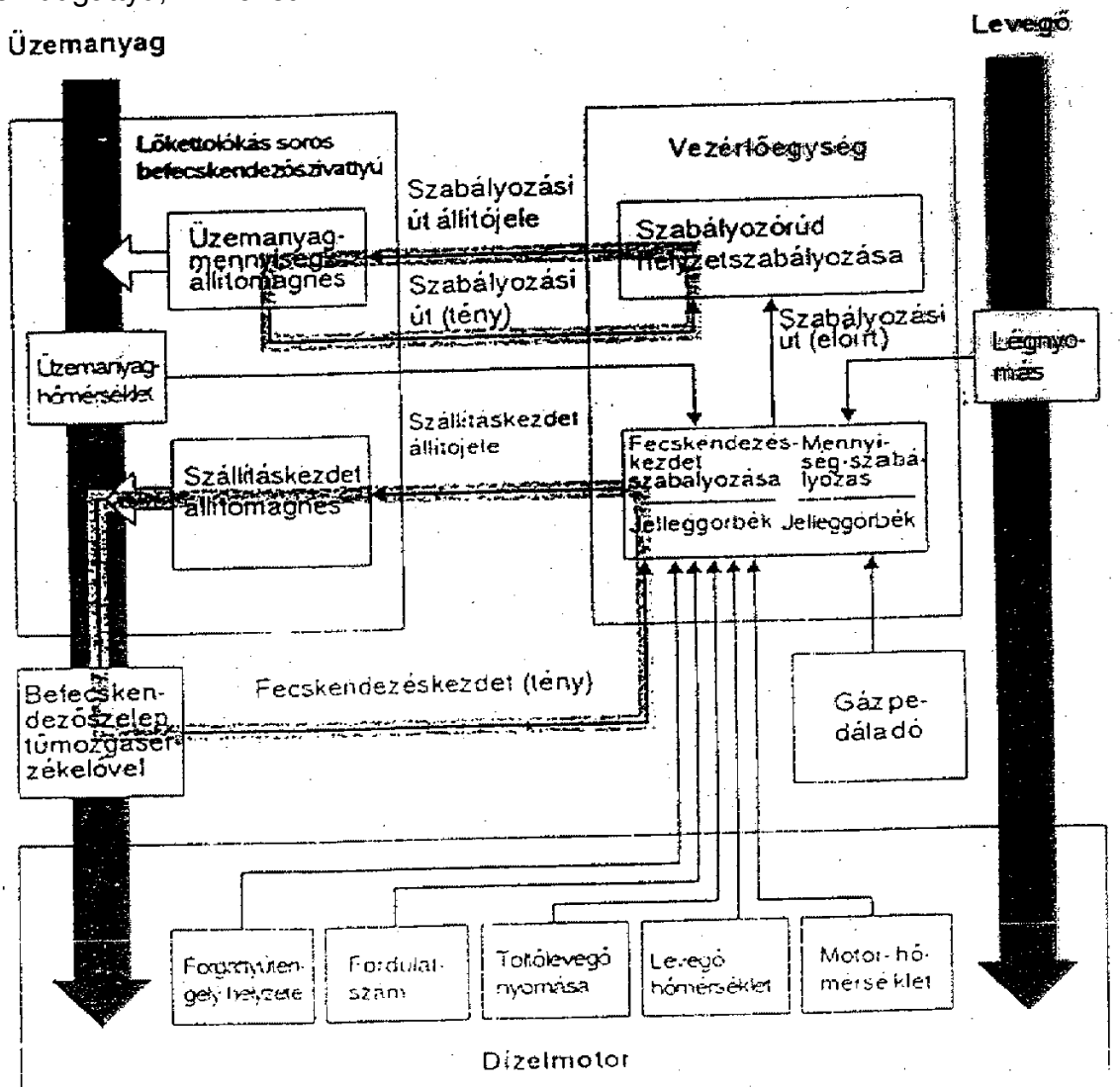
4.ábra. Lökettolóvás soros befecskendező-szivattyú.

1- szivattyúhenger, 2- lökettolóvás, 3- szabályozórúd, 4- elem dugattyú, 5- bütököstengely, 6- szállításkézet-állítómágnes, 7- lökettolóvás elállító tengely, 8- szabályozó-utat állító mágnes, 9- inductív szabályozórúd-útadó, 10- dugaszos csatlakozó, 11- inductív fordulatszám adó



5. ábra. Szivattyúelem lökettolókával

a) szállítás kezdete, b) szállítás vége, 1- nagynyomású tér, 2- szivattyúhenger, 3- lökettolóka, 4-leszabályozó furat, 5- vezérlőlél, 6- vezérlőfurat, 7- szívótér, 8- elem dugattyú, h – löket.



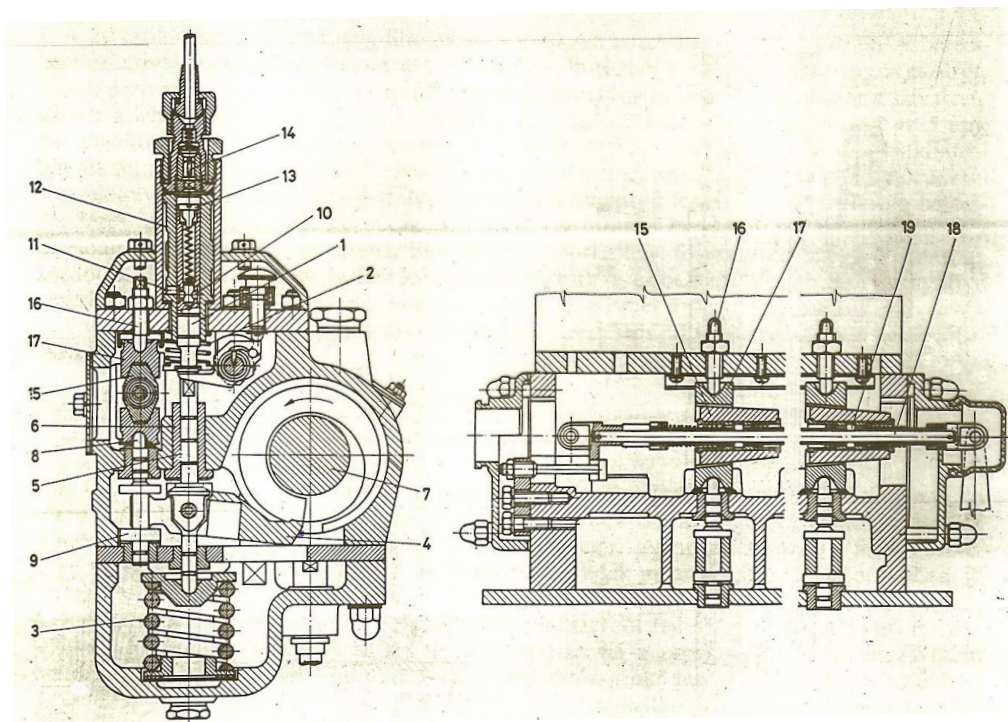
6. ábra. Lökettolókás soros befecskendező-szivattyú elektronikus vezérlése és szabályozása

### Korábbi rendszerek

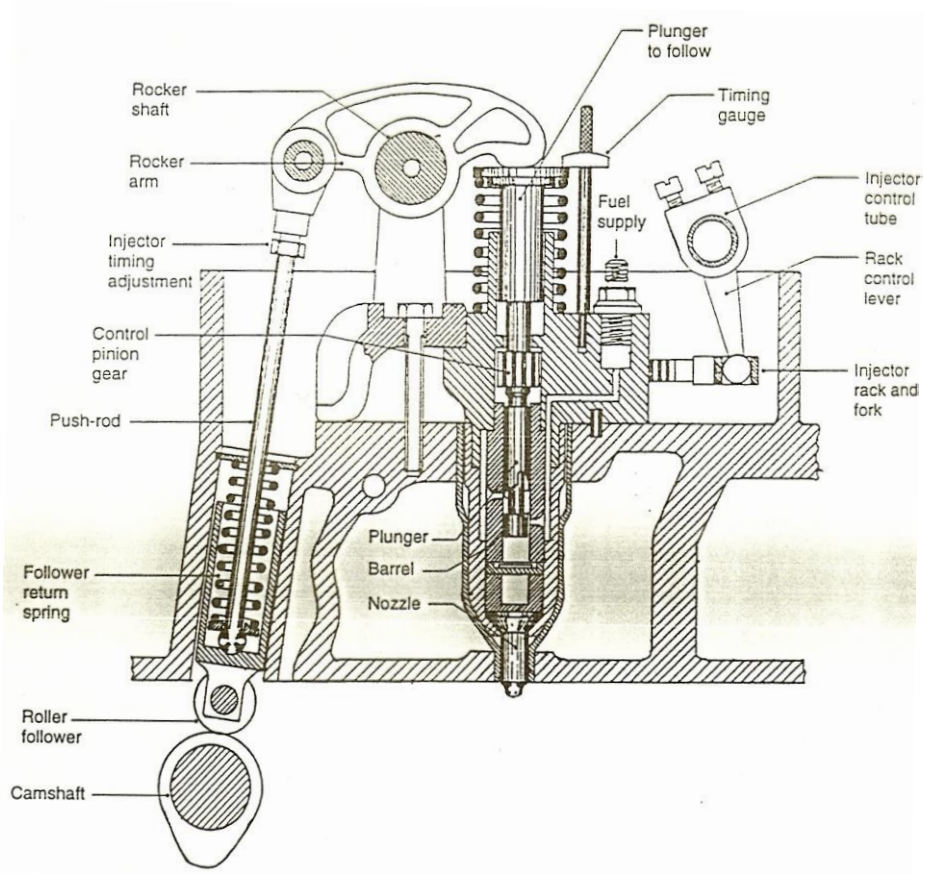
- Ganz-Jendrassik befecskendező rendszer (7. ábra)
- GMC befecskendező rendszer (8. ábra)
- Cummins PTC befecskendező rendszer (9. ábra)

### Mai rendszerek

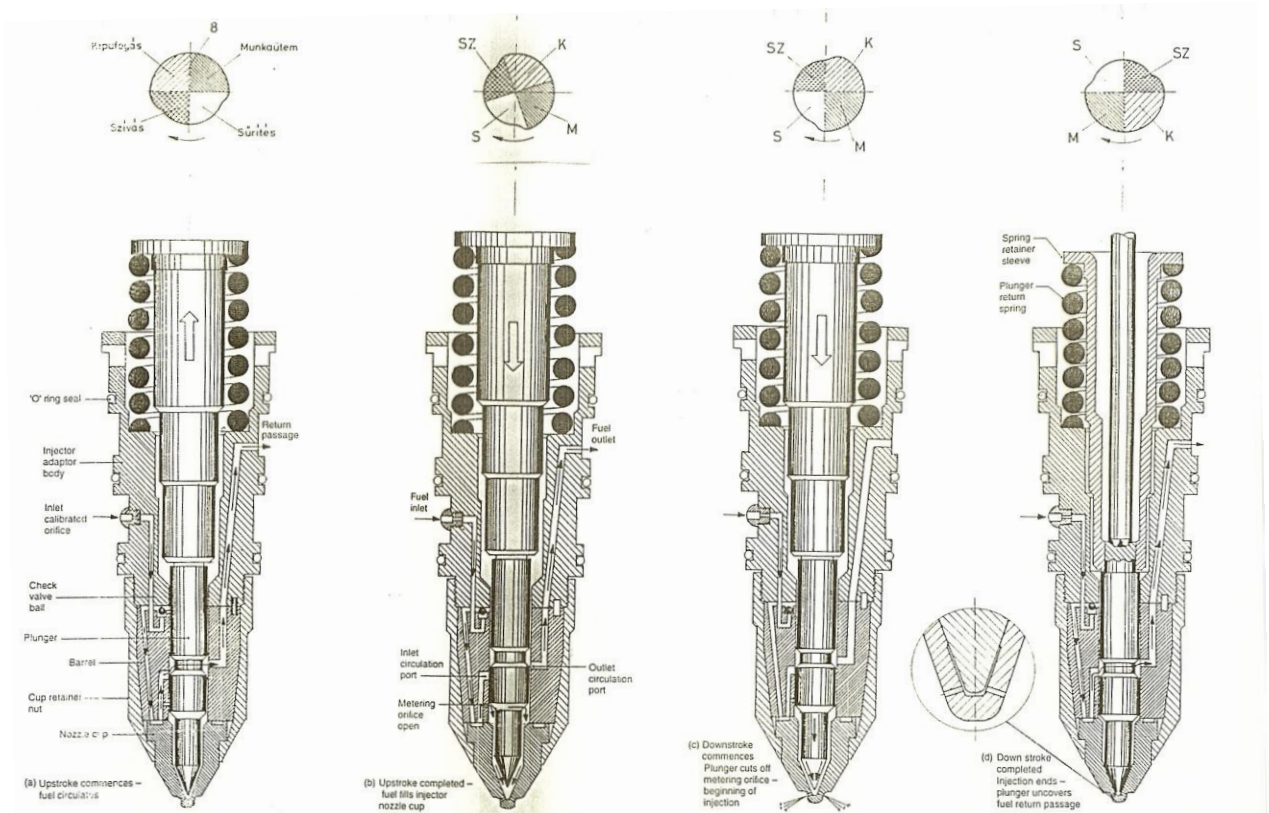
- Bosch adagolóporlasztós befecskendező rendszer (UIS vagy PD)
- Bosch adagolópumpás befecskendező rendszer (UPS vagy PLD)
- Bosch nyomástárolós befecskendező rendszer (common-rail)



7. ábra. Ganz-Jendrassik befecskendező-szivattyú

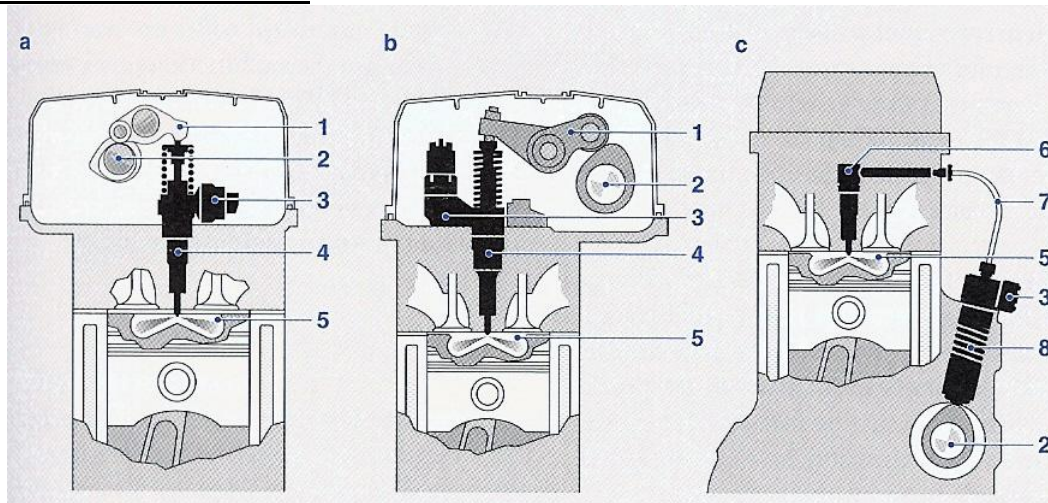


8. ábra. GMC befecskendező rendszer általános felépítése



9. ábra. Cummins PTC befecskendező rendszer porlasztója

Bosch adagolóporlasztós (UIS - PD) és adagolópumpás (UPS - PLD) befecskendező rendszerei.



10. ábra. Bosch adagolóporlasztós (UIS - PD) és adagolópumpás (UPS - PLD) befecskendező rendszerei.

- a – Adagolóporlasztós személygépjárművekhez,
- b – Adagolóporlasztós haszongépjárművekhez (UIS - PD),
- c – Adagolópumpás nehézgépjárművekhez (UPS - PLD).

**Bosch adagolóporlasztós befecskendező rendszer (UIS - PD)**

A rövidítések:UIS – **U**nit **I**njector **S**ystem,

PD – **P**umpe **D**üse

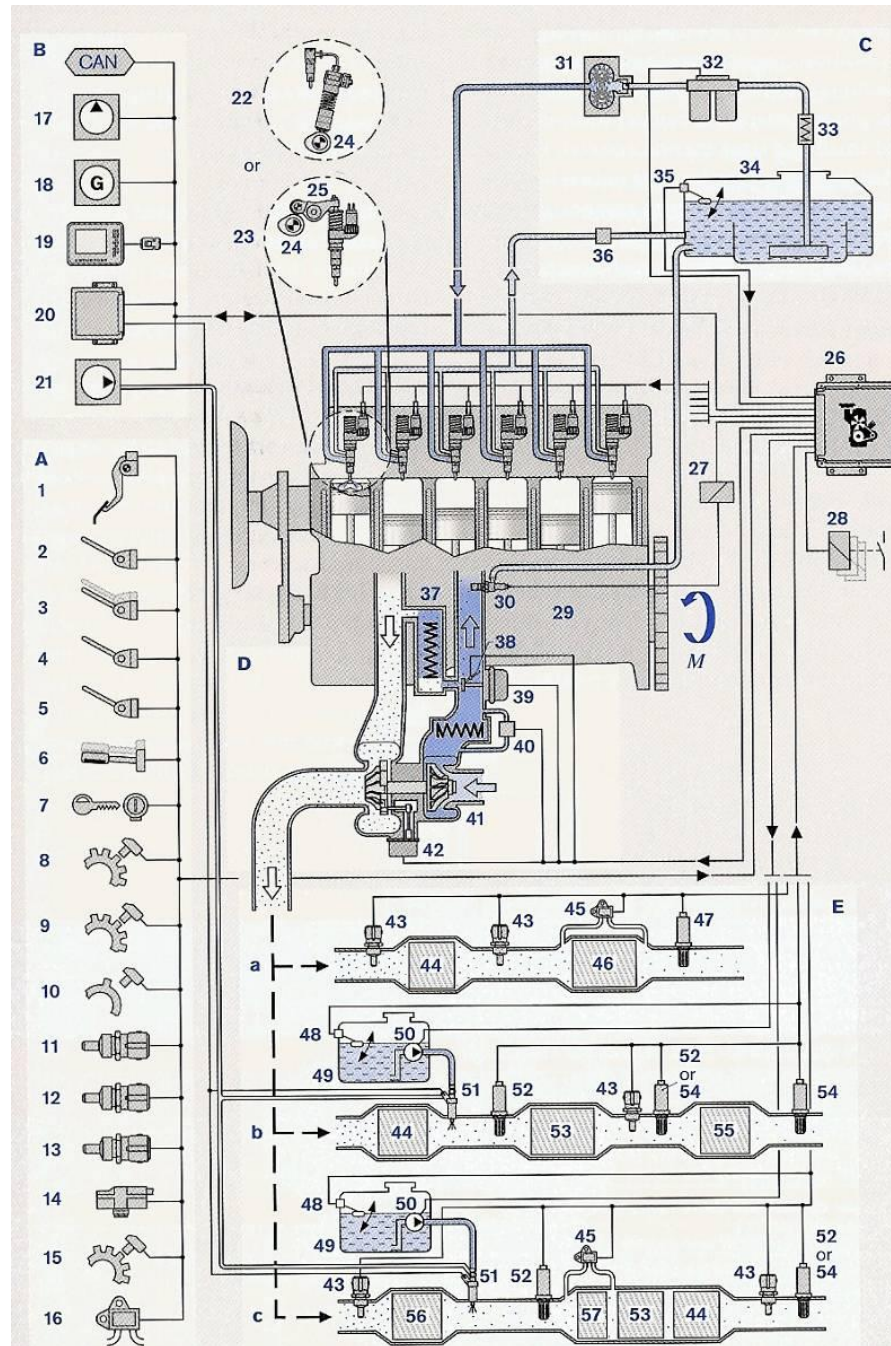
A teljes befecskendező rendszer áttekintő vázlatát mutatja a 11. ábra, a rendszert négy fő részre osztva:

- a kisnyomású rész
- a nagynyomású rész
- az elektronikus szabályozás az EVE-vel
- Beavatkozók és perifériák.

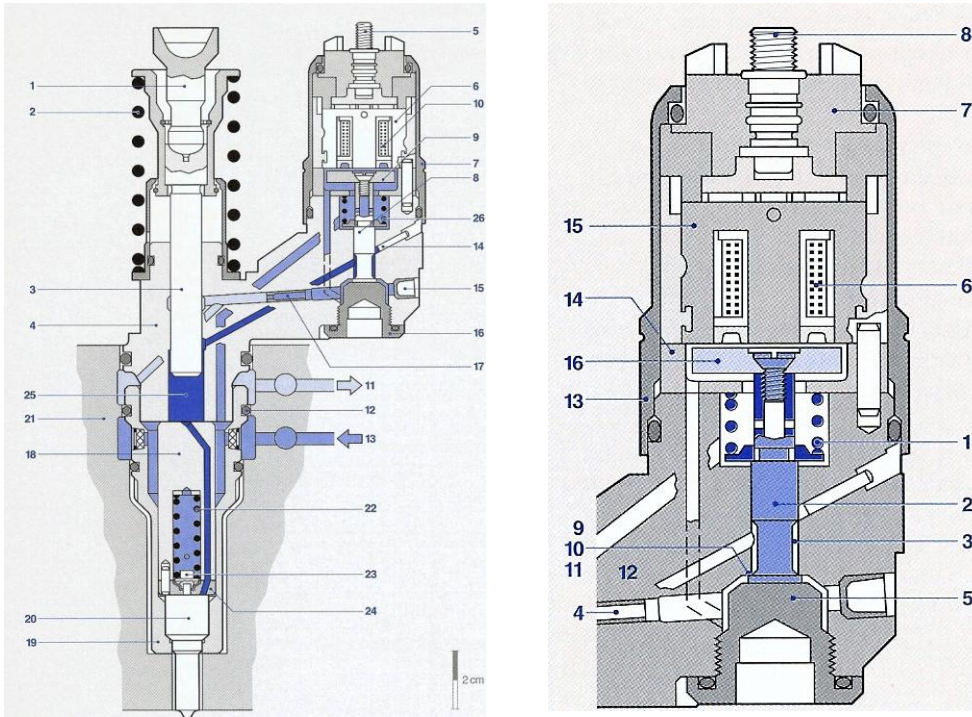
A Bosch adagolóporlasztós befecskendező felépítése, működése a 12. ábrán látható. A nagynyomású mágnesszelep két fő részből áll, egyik maga a szelep, a másik az elektromágnes. A szelep a porlasztóházban helyezkedik el a szeleptűvel és a szeleprugóval. A szeleptű kúpszöge valamivel nagyobb, mint a szeleptüléké, így a szelep zárásakor egy vonal mentén fekszik fel a szeleptű az ülésre, tökéletes zárást biztosít. A szelepnél két állapota van vagy nyitott vagy zárt. A szelep akkor nyitott, ha az elektromágneses tekercsen nem folyik áram. Ebben a helyzetben a rugó a szeleptűt az ütközőre nyomja, a nagynyomású teret összekapcsolja a kisnyomású térrel, a tüzelőanyag a feltöltődési fázisban a nagynyomású térbe, az előlöket



fázisban pedig vissza, a nagynyomású tér felé áramlik. A szelep zár, ha a az elektromágnes tekercsén áram folyik és a mágneses húzóerő a szeleptűt a rugóerő ellenében, erővel a szelepülékre szorítja.



11. ábra. Bosch adagolóporlasztós (UIS - PD) befecskendező rendszer áttekintő vázlatja



12. ábra. A Bosch adagolóporlasztós (UIS) befecskendező felépítése, működése

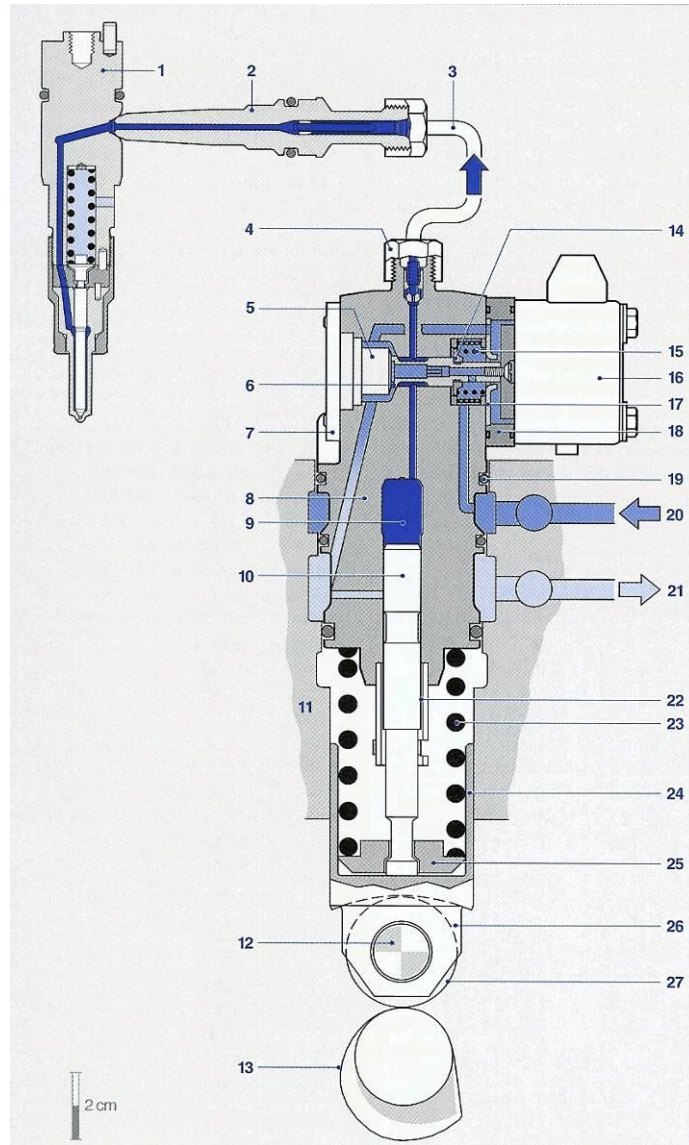
### **Bosch adagolópumpás befecskendező rendszer (UPS – PLD)**

A rövidítések: UPS – **U**nit **P**ump **S**ystem,

PLD – **P**umpe **L**eitung **D**üse

Az UPS befecskendező rendszer feladata és működési elve pontosan megegyezik az UIS rendszerével, felépítésben egyetlen különbség, hogy szét van választva a szivattyú és a porlasztó. Ezeket egymással nyomócső köti össze. A szivattyút a vezérműtengelyen elhelyezett bütykök működtetik.

A Bosch adagolópumpás (UPS) befecskendező felépítését, működését a 13. ábrán szemlélteti.



13. ábra. A Bosch adagoló pumpás (UPS) befecskendező felépítése, működése

## Common Rail Diesel befecskendező rendszerek



Ma, a dízelmotor-gyártók elsődleges feladata az utókezelés nélküli, úgynevezett nyersemisszió csökkentése. Az Euro 4-es szint közelében azonban a dízelmotorok kipufogógáz-határértékei olyan szigorú követelményt támasztanak, hogy azok, a mai ismeretek szerint fogyasztásnövekedéssel járó utókezelés nélkül, nagyobb tömegű gépkocsikon nem teljesíthetők.

Ez a körülmény új kutatásokat indított be. Egyfelől felélénkítette a kipufogógáz-visszavezetés nélküli, homogén égés irányába folytatott, korai szakaszban folyó kutatásokat, másfelől felerősítette a kipufogógáz-utókezelés fejlesztéseit, amelyek részecskeszűrők, illetve NOx-tárolós katalizátorok fejlesztése irányába mutatnak.

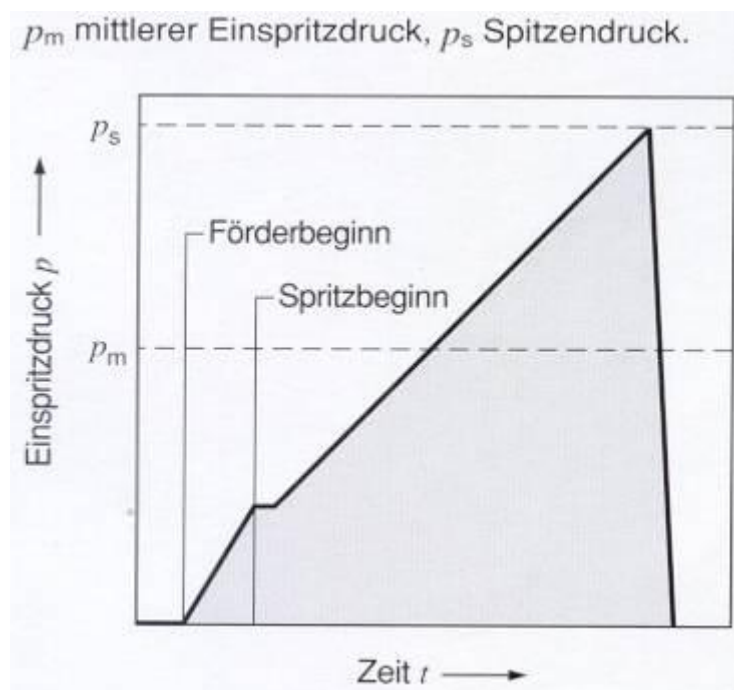
A zaj- és károsanyag-kibocsátás csökkentés optimalizálása a befecskendezés több fázisra bontását, és a befecskendezés terhelésfüggően rugalmas folyamatirányítását igényli. Az elektronikus motorirányítás következetesen fejlődik tovább. A befecskendezés még pontosabb és rugalmasabb vezérlése a mágnesszelepeken túl, a még kisebb kapcsolási idővel jellemezhető piezó-porlasztók bevezetését teszi szükségessé.

Hagyományos befecskendező-rendszereknél, mint a forgóelosztós- vagy a soros-adagolóknál a befecskendezés csak egy fázisból, a fő-befecskendezésből áll. A mágnesszeleppel ellátott adagolók már képesek egy kis mennyiségű elő-befecskendezési dózis befecskendezésére. Hagományos rendszereknél a nyomás

előállítás és a befecskendezési mennyiség meghatározása a szállítódugattyú és a büttyök függvénye. A befecskendezési nyomás a növekvő fordulatszámmal és a dózissal nő. A befecskendezés alatt a befecskendezési nyomás nő, a végére pedig lecsökken a porlasztó zárási nyomására. (14. ábra)

Ebből következik, hogy:

- Kis mennyiségek alacsony nyomással fecskendeződnek be,
- A max. nyomás a befecskendezési nyomás átlagának több mint a 2-szerese
- A befecskendezés felfutása majdnem háromszög alakú, ami a kedvező égéshez szükséges.



14. ábra Egy hagyományos befecskendező rendszer befecskendezési nyomása

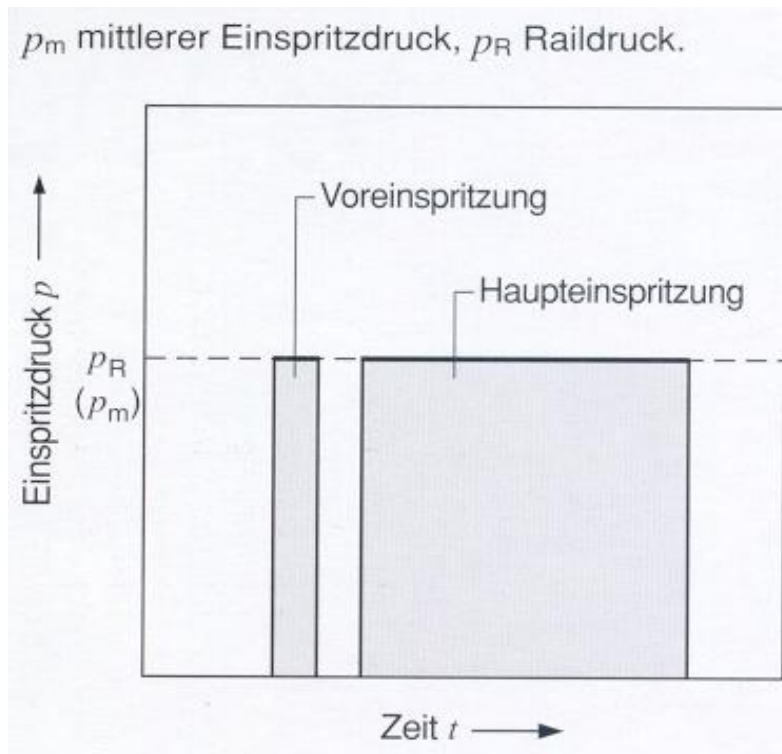
- Csak 1 fázis: főbefecskendezés
- Mágnes szeleppel: kis előbefecskendezési dózis
- Nyomás és mennyiség a szállító-dugattyú és a büttyök függvénye
- A nyomás a fordulatszámmal és a dózissal nő:
  - Kis mennyiség alacsony nyomáson
  - $p_{max}$  a  $p_{köz}$  2-szerese
  - Háromszög alakú » kedvező égés

A befecskendező szivattyú és annak meghajtásának elemeinek igénybevételét nagy mértékben meghatározza a csúcnyomás. Ez, a hagyományos befecskendező-rendszereknél az égéstérben zajló töltet keveredésnek minőségét határozza meg.

Az ideális befecskendezés egy hagyományos befecskendező rendszerrel szemben a következő követelményeket támasztja:

- A befecskendezési nyomás és mennyiség a motor minden munkapontjában beállítható legyen (ez egy újabb szabadságfok a töltet képzéséhez)
- A befecskendezett mennyiség a befecskendezés elején lehetőleg kicsi legyen (a befecskendezés kezdete és az égéskezdet között)

Common-Rail befecskendező-rendszerrel az elő- és a fő-befecskendezés ezeket a követelményeket tudja kielégíteni. (15. ábra)



15. ábra. Common-Rail rendszer

- Előbefecskendezés a FH előtt akár  $90^\circ$ -kal
- Kenőolaj hígulás vizsgálata
- Kis mennyiségű előbefecsk. dózis ( $1..4 \text{ mm}^3$ )  $\Rightarrow$  kondicionálás:
  - Égés hatásfok növelés
  - Kompresszió-nyomás  $\uparrow$
  - Gyulladás késedelem csökkenés
  - Égési nyomás  $\uparrow$ , nyomáscsúcs  $\downarrow$  (lágyabb égés)

Előbefecskendezés:

Az előbefecskendezés a felső holtpontot akár  $90^\circ$  főtengelyfokkal is megelőzheti. A  $40^\circ$  főtengelyfoknál korábbi előbefecskendezés esetén a tüzelőanyag a dugattyú felszínére és a hengerfalra kerülhetne, és ez egy nem megengedhető kenőolaj

híguláshoz vezethet. Az előbefecskendezés egy kis mennyiségű tüzelőanyag (1..4 mm<sup>3</sup>) kerül a hengerbe, ami elvégzi az égéstér elő-kondicionálását, ezzel javítva az égés hatásfokát és a következő hatásokat:

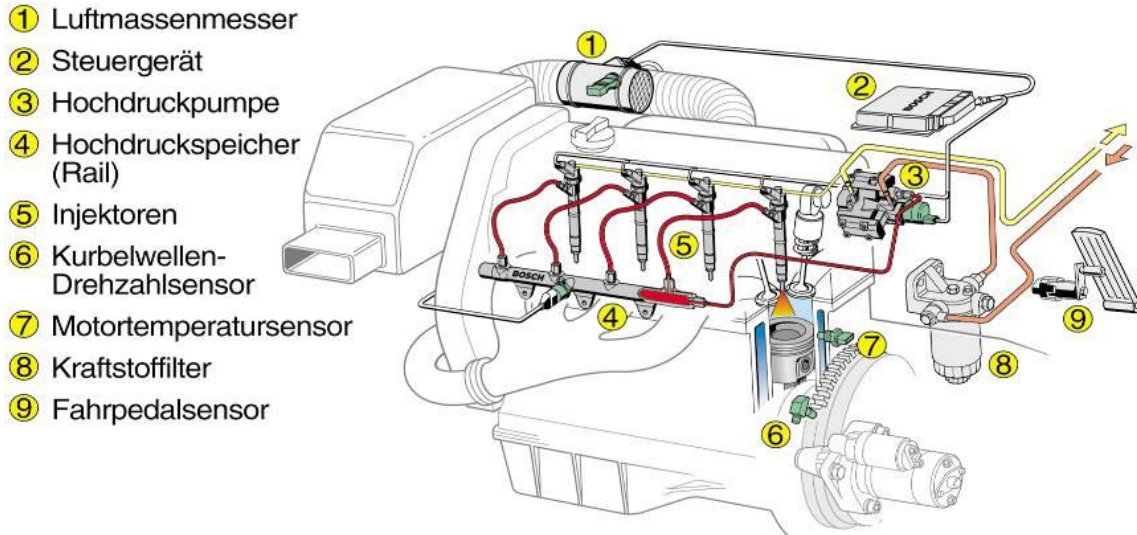
- A kompresszió-nyomást az előbefecskendezés részleges égésként enyhén megemeli, és emiatt
- A főbefecskendezés gyúladási-késedelme csökken és
- Az égési nyomás növekedése és az égési nyomáscsúcsok csökkennek (lágyabb égés).

Főbefecskendezés:

A főbefecskendezéssel visszük be a motor munkafolyamatban leadott energiáját. Emiatt nagyrészt ez felel a motor nyomatékáért. Common-Rail esetén a befecskendezési nyomás az egész befecskendezés alatt gyakorlatilag változatlan.

Utóbefecskendezés:

Az utóbefecskendezés, az NO<sub>x</sub> katalizátoros motorok bizonyos fajtái esetében a redukciós anyag (tüzelőanyag hozzáadás) adagolását végzi el. Az utóbefecskendezés az expanziós- vagy a kipufogó-ütemben akár a felső holtpont után 200 főtengelyfokkal is történhet. Az elő- és a főbefecskendezéssel szemben a befecskendezett tüzelőanyag nem ég el, hanem a maradékhő miatt a kipufogógázban gőzzé alakul. Ez a kipufogógáz-tüzelőanyag keverék a kipufogó-ütemben a kipufogórendszerbe távozik. A kipufogógáz visszavezetés miatt a tüzelőanyag egy része ismét visszakerül az égéstérbe és nagyon-korai előbefecskendezésként működik. A kipufogógázban levő tüzelőanyag a megfelelően kialakított NO<sub>x</sub> katalizátorban a nitrogén-oxid redukcióját végzi. Ennek következménye az NO<sub>x</sub>-es emisszió csökkenése. A késői utóbefecskendezés a motorolaj felhígításához vezethet: ennek megengedhetőségét a motorgyártók vizsgálják.



16. ábra. A befecskendező rendszer felépítése

A Common-rail rendszer moduláris felépítésű. A befecskendezés folyamatáért a következő komponensek felelnek:

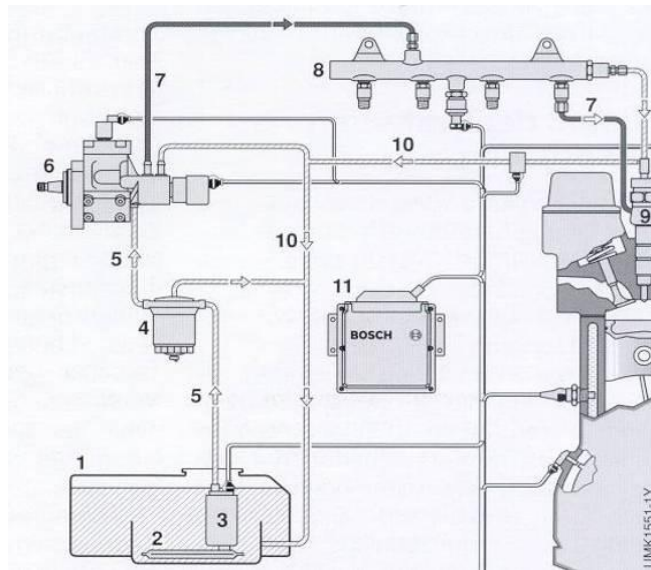
- Mágnesszelep vezérelt befecskendezők (5), amelyek a hengerfejbe vannak csavarozva
- Nyomástároló, gyűjtőcső (4)
- Nagynyomású szivattyú (3)

A rendszer működéséhez a következő elemek szükségesek:

- Elektromos vezérlő-egység (2)
- Főtengely fordulatszám jeladó (6)
- Vezérműtengely jeladó (fázisszenzor)

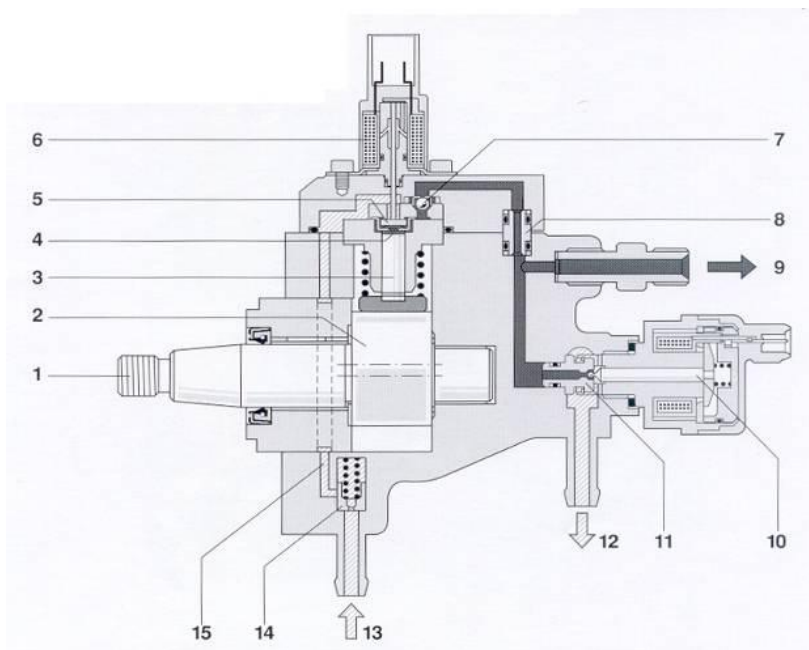
A Common-rail tüzelőanyag rendszerét a 17. ábra szemlélteti.





17. ábra. Tüzelőanyag-rendszer

1. tüzelőanyag tartály; 2. előszűrő; 3. tápszivattyú; 4. tüzelőanyag szűrő; 5. kisnyomású cső; 6. nagynyomású szivattyú; 7. nagynyomású cső; 8. nyomástároló; 9. porlasztó; 10. részolaj visszavezetés; 11. Vezérlő-egység



18. ábra. Nagynyomású szivattyú

1. hajtó tengely; 2. excenter; 3. szivattyúelem; 4. elemtér; 5. szívószelep; 6. elemlekapcsoló-szelep; 7. nyomószelep; 8. tömítőelem; 9. nagynyomású gázolaj a gyújtócsőbe; 10. nyomásszabályzó szelep; 11. golyószelep; 12. tüzelőanyag visszavezetés; 13. tüzelőanyag hozzávezetés; 14. biztonsági szelep fojtással; 15. kisnyomású csatorna

### Nyomásszabályzó szelep (19. ábra)

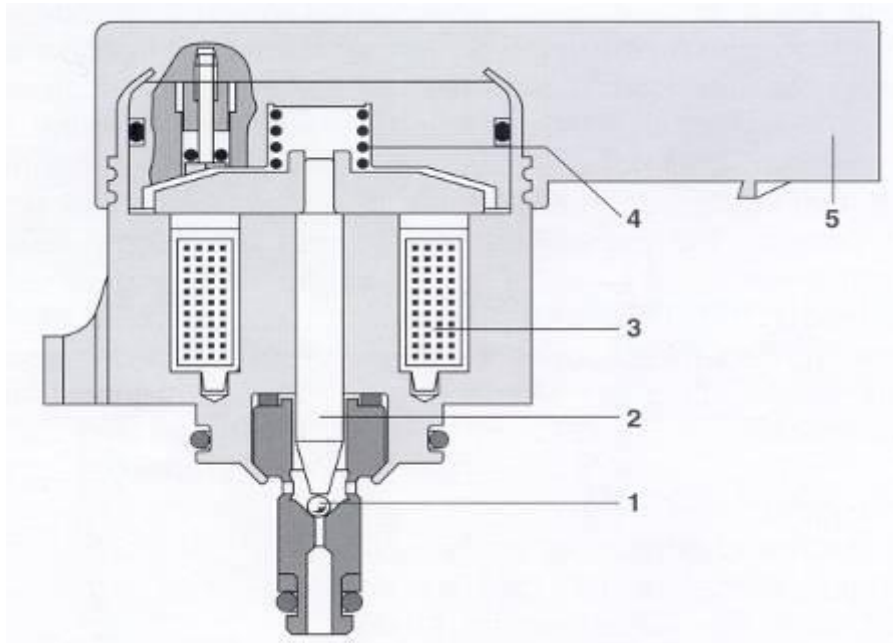
Szerepe: a motor terhelésének megfelelően a gyújtócsőben szabályozza és tartsa a nyomást:

- Túl nagy nyomás esetén a szelep nyit, ekkor a tüzelőanyag egy része a gyújtócsőből egy vezetéken keresztül a tartályba kerül
- A gyújtócső túl alacsony nyomása esetén a szelep bezár, a nagynyomású térben nő a nyomás.

Felépítése: van egy rögzítő felülete, amivel a nagynyomású szivattyúra vagy a gyújtócsőre rögzíthető. A csap egy golyót nyom a tömítő ülésre, hogy a nagynyomású teret elszigetelje a nagynyomású tértől. Ehhez egyrészt egy rugó nyomja a csapot lefelé másrészt egy elektromágnes is erőt fejt ki a csapra. A hőelvezetés és kenés miatt az egész csapot tüzelőanyag veszi körül.

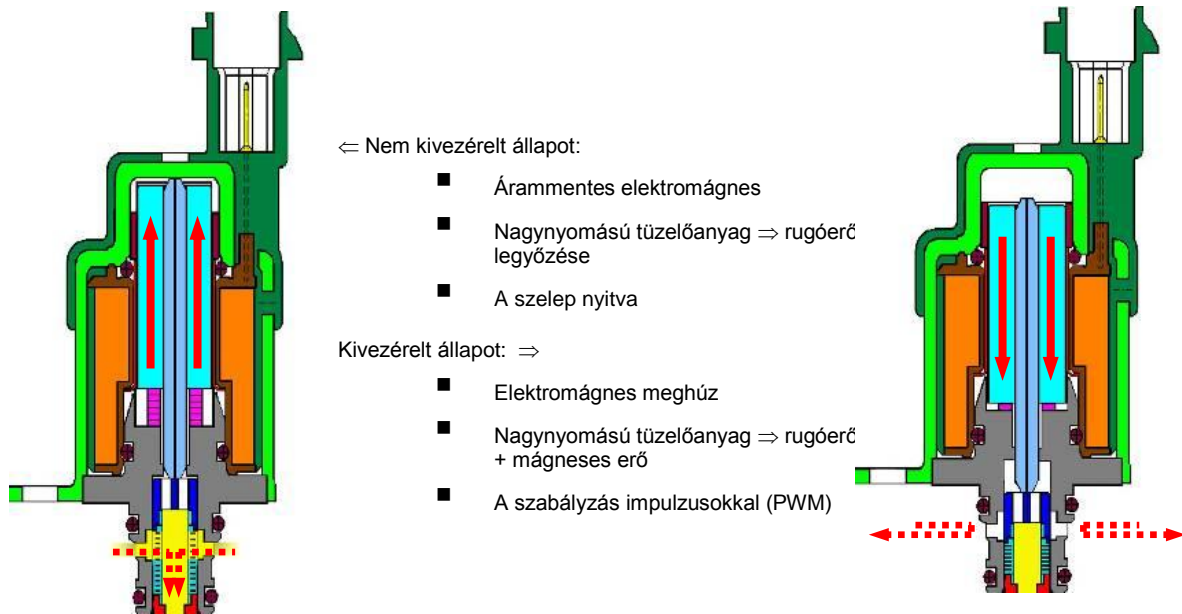
A nyomásszabályzó szelepnek 2 szabályzási köre van:

- Egy lassú elektronikus szabályzási kör, ami a gyújtócsőben egy állítható közepes nyomásszint beállítását végzi, és
- Egy gyors mechanikus, hidraulikus szabályzási kör, amely a nagyfrekvenciás nyomáshullámokat egyenlíti ki.



19. ábra. Nyomásszabályzó szelep (nagynyomású oldal)  
1. szelepgolyó; 2. csap; 3. elektromágnes; 4. rugó, 5. elektromos csatlakozó

- Terhelésnek megfelelő nyomás a gyűjtőcsőben:
  - Nagy: szelep nyit  $\Rightarrow$  tüzelőanyag vissza a tartályba
  - Kicsi: szelep zár  $\Rightarrow$  nyomásnövekedés
- 2 szabályozási hatás:
  - Lassú elektronikus: közepes nyomásszint beállítás
  - Gyors mechanikus: nagyfrekvenciás nyomáshullám kiegyenlítés



20. ábra. Nyomásszabályzó működése (alacsony nyomású oldal)

A nyomásszabályzó nincs kivezérelve: a gyűjtőcsőnyomás vagy a nagynyomású szivattyú kivezetésén levő nyomás hat a nyomásszabályzó szelepre. Mivel az árammentes elektromágnes nem fejt ki erőt, a nyomásból származó erő legyőzi a rugóerőt, emiatt a nyomásszabályzó szelep kinyit, és az átfolyó mennyiségtől függően többé vagy kevésbé nyitva marad. A rugó úgy van kialakítva, hogy kb. 100 bar nyomást tudjon kifejteni.

Kivezérelt: amikor a nagynyomású kör nyomását növelni kell, a rugóerőn túl a mágneses erőre is szükség van. Ekkor kivezéreljük a nyomásszabályzó szelepet, amely ekkor bezár egészen addig, amíg egyrészt a nagynyomásból származó erő, másrészt a mágnes és a rugóerő összege egyensúlyba nem kerül. Ekkor a szelep nyitott állapotba kerül és állandó szinten tartja a nyomást. Az elektromágneses erő arányos a kivezérelt árammal. A kivezérlési áram változtatását a kitöltési tényező

változtatásával valósítják meg (PWM). Az 1 kHz-es frekvencia még megfelelően magas ahhoz, hogy a zavaró szelepszegmozgásokat ill. nyomásingadozásokat elkerülhessük.

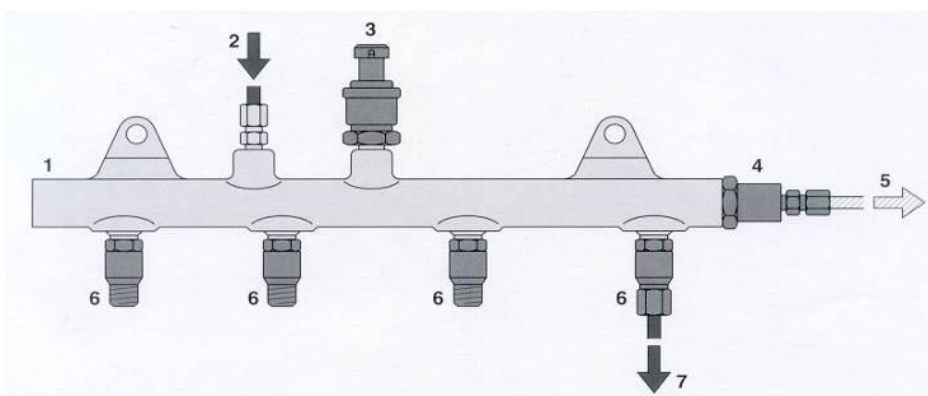
#### Gyűjtőcső (Rail) 21. ábra.

Feladata: a nagynyomású tüzelőanyag tárolása. Emellett a szivattyúszállítás és a befecskendezés miatt létrejövő nyomáslengéseket a tároló térfogata miatt csillapítja. A nyomás, amelyen az összes hengerbe a befecskendezés történik még nagyobb tüzelőanyag mennyiség szállítása esetén is állandó marad. Ezzel lehet biztosítani, hogy a befecskendező szelep nyitásakor a befecskendező nyomás állandó marad.

Felépítés: a gyűjtőcső az átfolyás-szabályzóval (opcionális) és a nyomá szenzorral, nyomá szabályzó szeleppel és a nyomáshatároló szeleppel a különböző motorbeépítések miatt különbözőképpen lehetnek kialakítva.

A közös nyomótétnek feladata:

- A nagynyomású tüzelőanyag tárolása
- Nyomáslengések csillapítása
- A nyomás állandó értéken tartása
- Különböző kialakítások az egyes motorokhoz



21. ábra. Gyűjtőcső (Rail)

1. nyomástároló; 2. nagynyomású gázolaj beáramlás; 3. nyomá szenzor;  
4. nyomáshatároló szelep; 5. gázolaj visszafolyás; 6. átfolyás-szabályzó;  
7. befecskendezők felé

## Átfolyás-szabályzó (22. ábra)

Feladata:

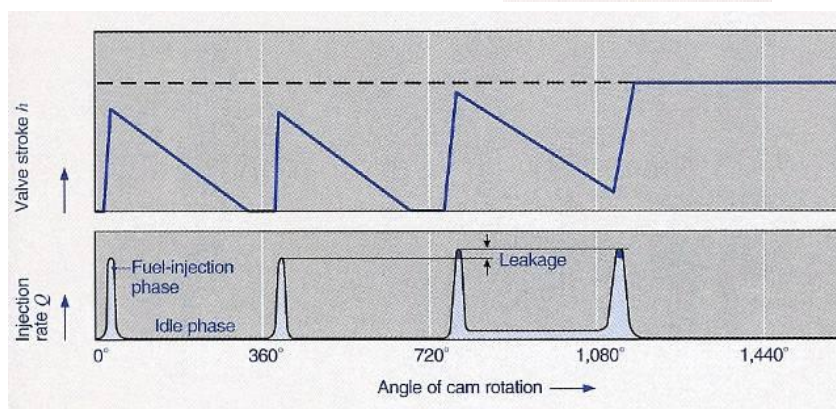
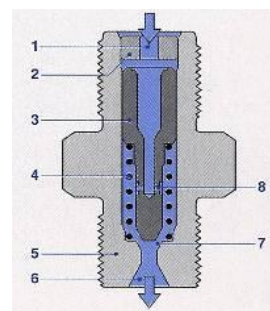
Megakadályozza azt a nem valószínű eset, hogy folyamatos befecskendezés létrejöhessen egy befecskendező szelepből. Hogy ezt a feladatot teljesítse, az átfolyás-szabályzó egy max. befecskendezési mennyiség elérése után elzárja a csatornát a gyújtócső és az adott befecskendező szelep között.

Felépítés:

két külső menettel ellátott fémházból áll, amellyel a gyújtócsőhöz ill. a befecskendező vezetékhez rögzítik. A ház mindkét oldalán furat található, amely megteremti a hidraulikus kapcsolatot a gyújtócső és a befecskendező vezeték között. Az átfolyás-szabályzó belsejében egy dugattyú található, amelyet egy rugó a tüzelőanyag tároló irányába nyom. Ez a dugattyú a ház falán tömít.

- Folyamatos befecskendezés megakadályozás érdekében
- Túl nagy mennyiség esetén, a rugó ellenében elmozdul a dugattyú  
⇒ elzárja a kivezető furatot

1. Bemelő furat a gyújtócsőtől
2. Kapcsoló gyűrű
3. Dugattyú
4. Rugó
5. Ház
6. Befecskendező felé
7. Ülék
8. Fojtás



22. ábra. Átfolyás-szabályzó

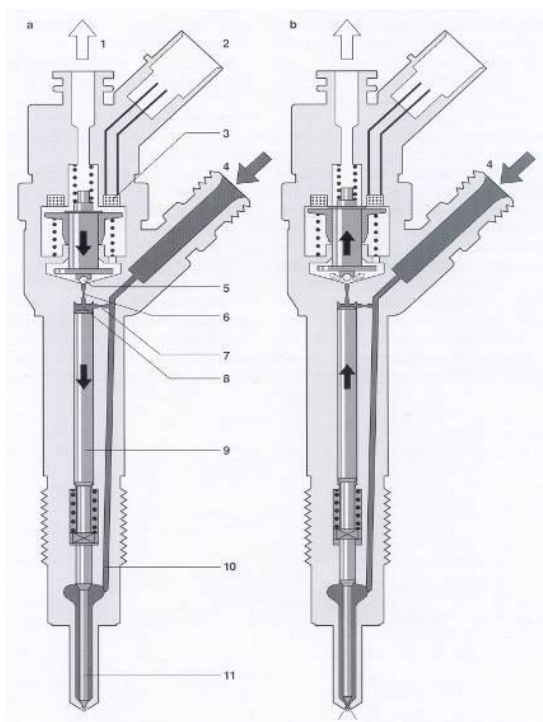
## Porlasztók ( 23. ábra)

A tüzelőanyag a hozzávezető csatornán keresztül egyrészt a fűvókához, másrészt egy fojtáson keresztül a vezérlőtérbe kerül. A vezérlőtér a visszafolyó

vezetékhez egy visszafolyó-fojtáson keresztül kapcsolódik, melyet egy mágnesszelep tud nyitni.

Zárt állapotban a visszafolyó-fojtás legyőzi a vezérlődugattyú hidraulikus erejét a fúvókatúval szemben. Ennek következtében a fúvókatú az ülésre nyomódik, és henger felé tömíti a nagynyomású csatornát. Az égéstérbe nem kerülhet tüzelőanyag.

A mágnesszelep nyitásakor a visszafolyó-fojtás szabaddá válik. Emiatt a vezérlőtérben a nyomás lecsökken és a vezérlődugattyúra ható erő is. Amint a hidraulikus erő lecsökken a fúvókatúre ható erő alá, a fúvóka kinyit, és a tüzelőanyag a befecskendezőfuratokon keresztül az égéstérbe jut. A fúvókatú ilyen indirekt vezérlése egy hidraulikus erősítő segítségével azért szükséges, mert a túl gyors nyitáshoz szükséges erőt a mágnesszelep direkt módon nem tudja előállítani. A befecskendezett tüzelőanyag mennyiségen túl szükséges egy ún. vezérlő mennyiség. A vezérlő mennyiségen túl még résvesztés keletkezik a fúvókatú és a vezérlődugattyú megvezetésénél. Ezek a vezérlő és résvesztések egy visszafolyó vezetéken keresztül csatlakoznak egy gyújtóvezetékbe, ahova többek között a túlfolyószelep, nagynyomású szivattyú és a nyomásszabályzó szelep is csatlakozik, és a tüzelőanyag visszafolyik a tartályba.



**a,** Fúvóka zárva  
**b,** Fúvóka nyitva

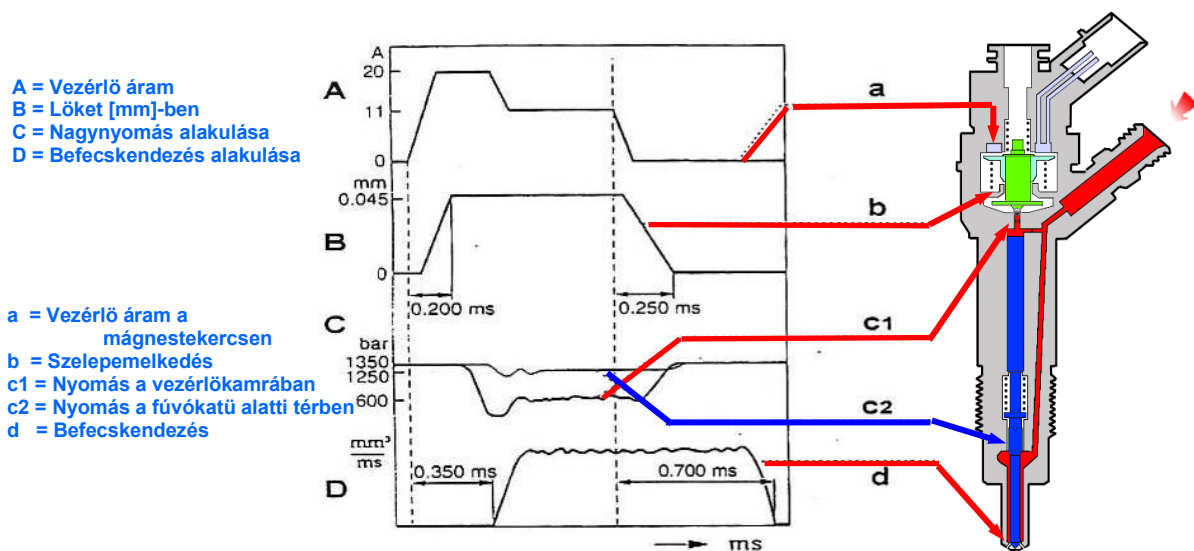
1. Gázolaj visszavezetés
2. Elektromos csatlakozó
3. Mágnesszelep
4. Nagynyomású gázolaj a gyújtócsőből
5. Szelepgolyó
6. Visszafolyó-fojtás
7. Beáramló fojtás
8. Vezérlőtér
9. Vezérlődugattyú
10. Csatorna
11. Fúvókatú

23. ábra. Porlasztók

A befecskendezőszelep működését (24. ábra) forgó motor és szállítást végző dugattyú esetén 4 részre oszthatjuk:

- Szelep zárva (nyomás rendelkezésre áll),
- Szelep nyit (befecskendezés kezdet)
- Szelep teljesen nyitva
- Szelep zár (befecskendezés vége)

Ezek a működési állapotok a befecskendezőszelep építőelemeire ható erők eloszlásától függenek. Nem működő motor és hiányzó nyomás esetén a szelepet a fúvókarugó lezárja.



24. ábra. Porlasztó működése

## 2) Emisszió vizsgálata.

- A kipufogógázok káros összetevőire

Általában a következő kipufogógáz-összetevőket korlátozzák:

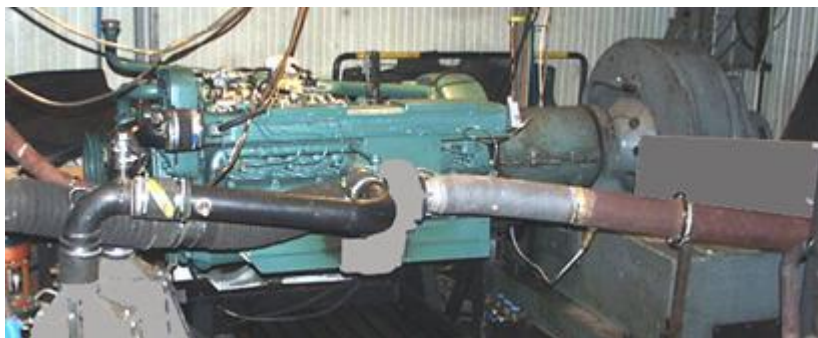
- szénhidrogének (HC),
- szén-monoxid (CO),
- nitrogénoxidok (NO<sub>x</sub>),

ezeneken túlmenően dízelmotorok kipufogógázaiban

- a részecske (cseppfolyós- és szilárdanyag) -tartalom és/vagy
- a füstszűrőség (a látást korlátozó kipufogógáz-összetevők).

### *EU előírások nehéz haszonjárművekre*

A nehéz haszonjárművek (össztömegük 3,5 t-nál nagyobb, a szállítható személyek száma több, mint 9) motorjait az EU előírások szerint motorfékpadon vizsgálják (1. ábra).



1. ábra. Nehéz haszonjármű motorja a teljesítménymérő motorfékpadon

Az EURO 3 károsanyag-kibocsátási méréseket a korábbi EGB R49 jelű vizsgálatoktól eltérően, a 13 állandósult ponton mérő ESC (European Steady Cycle) és a változó üzembemért ETC (European Transient Cycle) módszerek szerint végzik.

- Minden kompresszió-gyújtású motornál el kell végezni Az ESC vizsgálatokat.
- Részecskeszűrős vagy DeNO<sub>x</sub>-katalizátoros kompressziógyújtású motoroknál az ETC vizsgálatokat is el kell végezni.



- Szikragyújtású földgáz (CNG, LNG) vagy propán-bután gáz (LPG) hajtású motoroknál csak az ETC mérések végzendők el.

Megváltozott a füstölésmérési előírás is. Az új módszer neve ELR (European Load Response Test).

Az ESC vizsgálati ciklus (ESC = European Steady Cycle)

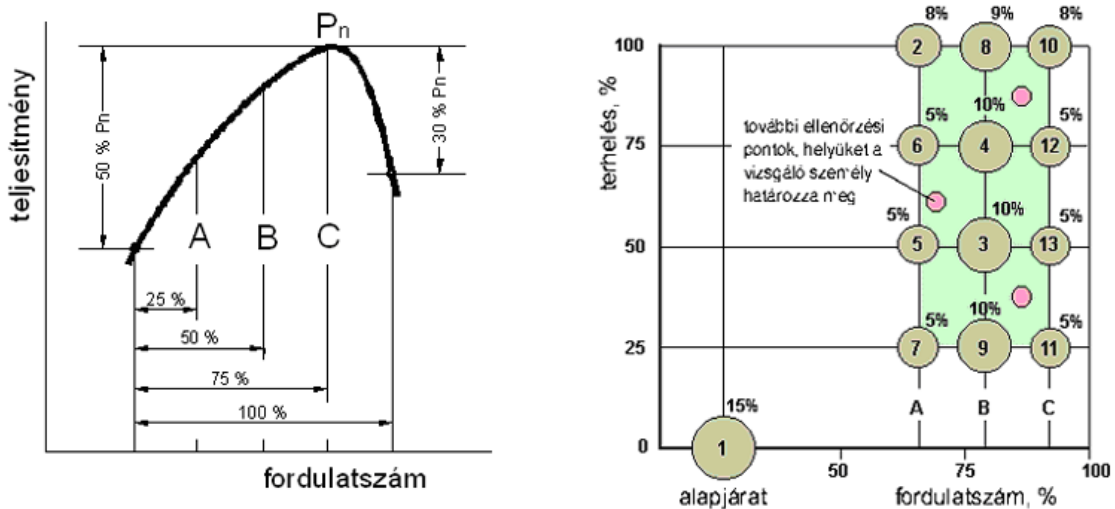
A vizsgálati fordulatszámokat a következők szerint határozzák meg (2. ábra):

- mérik a túlpörgetett motornak azt a fordulatszámát ( $n_f$ ), amelyen a motor teljesítménye a névleges teljesítmény 70 %-ára csökken
- mérik a motornak azt a részfordulatszámát ( $n_a$ ), amelyen a motor teljesítménye a névleges teljesítmény 50 %-a
- ezekből az A, B és C vizsgálati fordulatszámokat a következők szerint számítják:

$$A = n_a + 0,25 \cdot (n_f - n_a)$$

$$B = n_a + 0,50 \cdot (n_f - n_a)$$

$$C = n_a + 0,75 \cdot (n_f - n_a)$$



2. ábra. Az ESC vizsgálati ciklus fordulatszámjai és vizsgálati pontjai

Alapjáraton, valamint e három fordulatszámmon, az adott fordulatszámhoz tartozó legnagyobb terhelés 25, 50, 75 és 100 %-án statikusan mérik a motor CO-, HC-, NO<sub>x</sub>-kibocsátását. Ebből az összesen 13 pontból súlyozott számtani középértéket

számítanak. Az ábrán a körben lévő számok a mérés sorrendjét, a körön kívüli számok a súlyozás mértékét adják meg.

Alapjáraton 4 percig, a többi mérési pontban 2-2 percig üzemel a motor. A teljes vizsgálati időtartamon – 28 percen – keresztül a kipufogógázból vett mintát szűrőpapíron vezetik keresztül, ennek alapján számítják ki a motor részecske-kibocsátását (PM).

Ellenőrzésképpen az A és C fordulatszámok, ill. a 25 és 100% terhelések által határolt téglalap-területen három, a vizsgáló személy által meghatározott pontban is kell méréseket végezni, ezekben a pontokban a mért értéknek a szomszédos 4 érték közé kell esnie.

1. táblázat. Az ESC vizsgálat határértékei.

	Hatályba- lépés	CO g/(kw·h)	HC g/(kw·h)	NOx g/(kw·h)	PM g/(kw·h)	Fényelnyelés, K, m-1
EURO 3	2000	2,1	0,66	5,0	0,1	0,80
EURO 4	2005	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
EURO5	2008	1.5	0,46	2.0	0,02	0,5

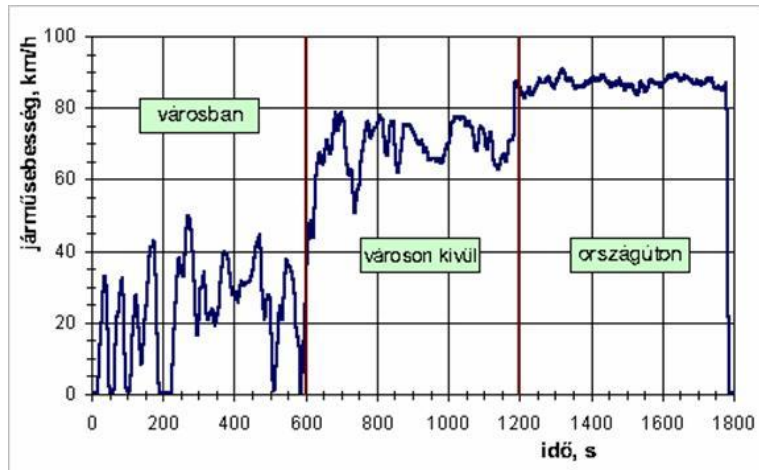
\*A fényelnyelést az ELR vizsgálati előírások szerint mérik.

Az ETC vizsgálati ciklus (ETC = European Transiens Cycle)

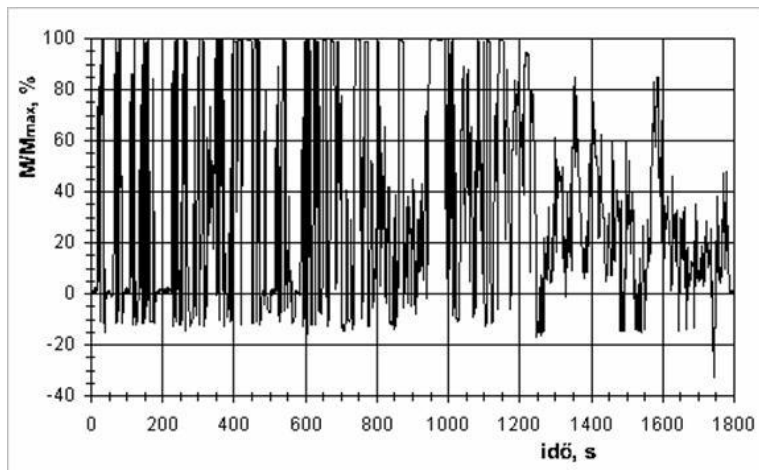
Az ETC ciklust reális

- városi (max. 50 km/h sebesség, gyakori megállás, indítás és alapjárat),
- városon kívüli (egy gyorsítást tartalmazó 72 km/h átlagsebességű haladás)  
és
- országúti (kb. 88 km/h átlagos sebesség)

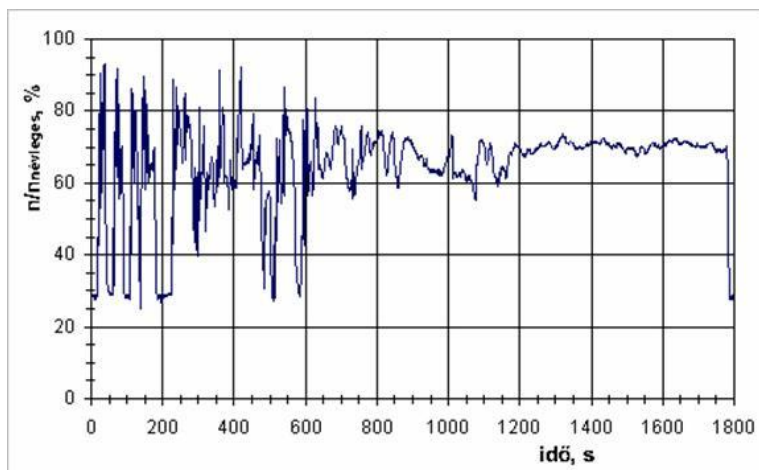
szakaszból álló útvonalat figyelembe véve alakították ki (3. ábra).



3. ábra. ETC vizsgálati ciklus sebesség-idő diagramja



4. ábra. ETC vizsgálati ciklus nyomaték-idő diagramja



5. ábra. ETC vizsgálati ciklus fordulatszám-idő diagramja

A jármű haladása közben regisztrálták a motor forgatónyomatékát és fordulatszámát. Ennek alapján hozták létre a motorfékpadon mérendő nyomaték-idő és fordulatszám-

idő vizsgálati ciklust (4. és 5. ábrák). Ez természetesen csak számítógép-vezérléssel lehetséges végigfuttatni.

	Hatályba- lépés	CO g/(kW·h)	NMHC g/(kW·h)	CH <sub>4</sub> <sup>2</sup> g/(kW·h)	NO <sub>x</sub> g/(kW·h)	PM <sup>3</sup> g/(kW·h)
EURO 3	2000	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16
EURO 4	2005	4,00	0,55	1,1	3,5	0,03

1 NMHC – szénhidrogének metán nélkül

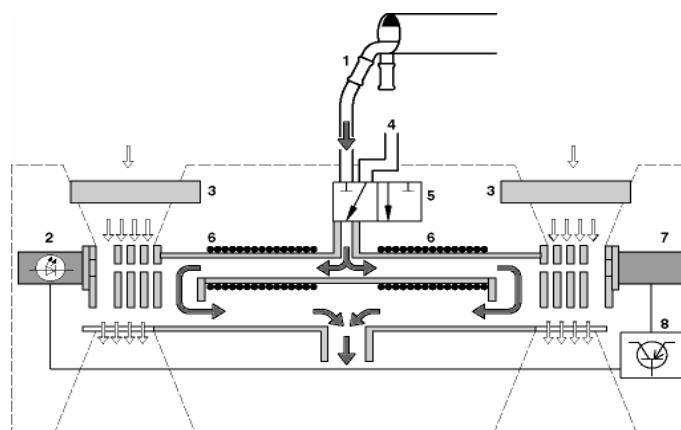
2 csak földgázüzemű motornál mérendő

3 gázüzemű motoroknál nem kell mérni

Az ELR vizsgálati ciklus (ELR = European Load Response)

Az EURO 3 előírások tartalmazzák a kipufogógázok füstölésére jellemző fényelnyelés (opacitás) meghatározását is.

A mérés elve: a kipufogógáz-áramot fényforrás és fényérzékelő közé vezetik (6. ábra).



6. ábra. Fényelnyelés-mérő berendezés vázlatja

1 – mintavevő szonda; 2 – fényforrás; 3 – fúvó; 4 – öblítő; 5 – kalibráló szelep  
6 – fűtés, 7 – fényérzékelő; 8 – értékelés és kijelzés

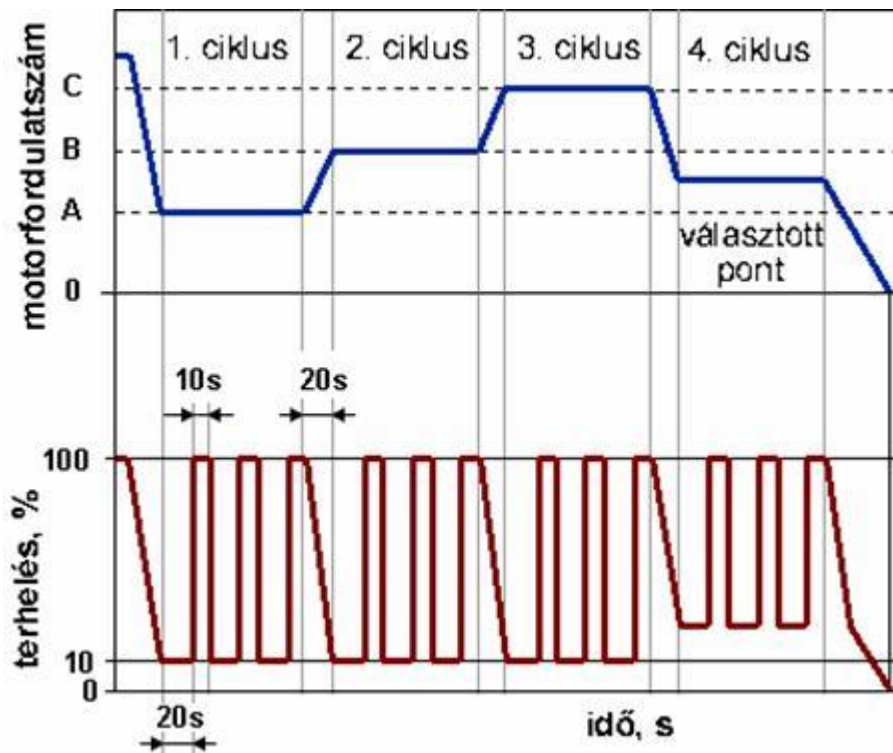
A készülék az átvilágított kipufogógáz fényelnyelését méri. 0 % a fényelnyelése a tiszta levegőnek, 100 % a teljesen átlátszatlan kipufogógáznak. Az N fényelnyelési

%-ot a mérőhenger L hosszának ismeretében K fajlagos fényelnyelési együtthatóra számítják át:

$$K = \frac{1}{L} \ln \left( 1 - \frac{N}{100} \right) \quad [K] = \text{m}^{-1}$$

Az összefüggésben teljes kipufogógáz-áramot mérő berendezések esetén  $L$  értéke egyenlő a kipufogócső átmérőjével (többnyire 10 cm); részáramot mérő berendezéseknél nem kötött, leggyakrabban 430 mm.

Az ELR vizsgálat három ciklusban – az ESC vizsgálatokhoz meghatározott A, B és C fordulatszámok mindegyikén háromszor 10 és 100 %-os terhelés között változtatva a motor terhelését – méri a fényelnyelést (7. ábra). Ezt követően a mérő személyzet által kiválasztott fordulatszámon és terheléslépcsőn végzendő 4., ellenőrző ciklus.



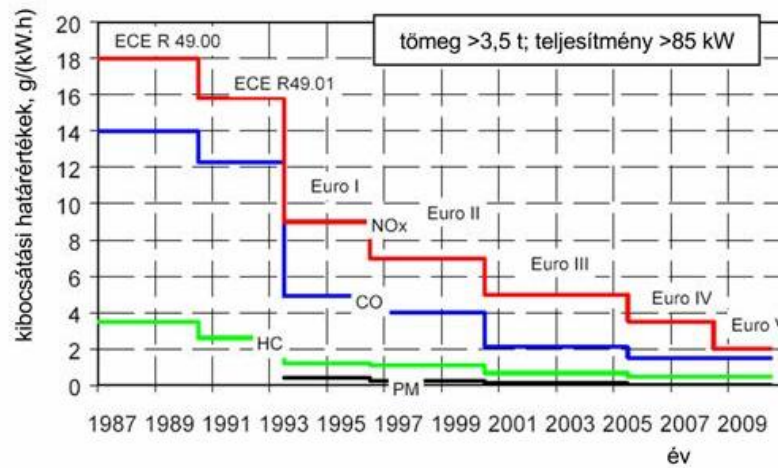
7. ábra. ELR vizsgálati program

Egy-egy ciklus átlagos fajlagos fényelnyelési együtthatójából az eredő a következő súlyozással számítandó:

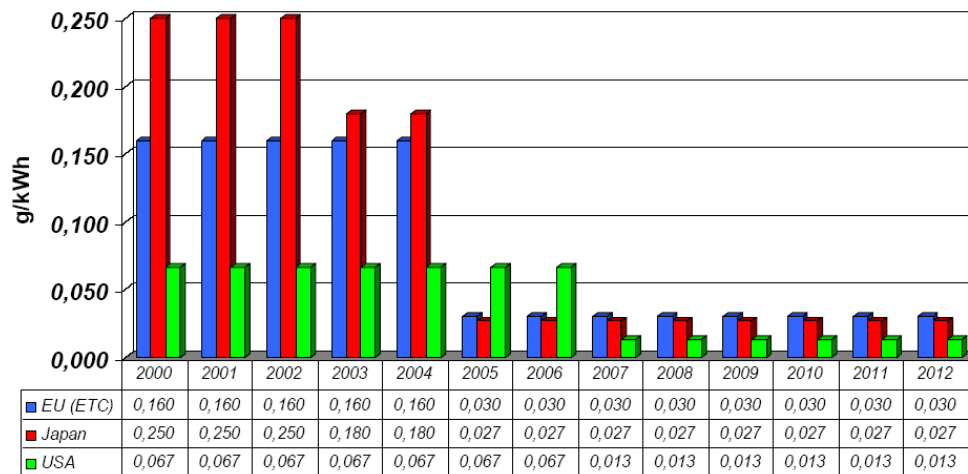
$$K_{\text{átlag}} = 0,43 \cdot K_A + 0,56 \cdot K_B + 0,01 \cdot K_C$$

Az ily módon számított átlag nem lehet nagyobb, mint a 3. táblázatban megadott határérték.

A nehéz haszonjárművek károsanyag-kibocsátás alakulását a 8. és 9. ábra szemlélteti.



8. ábra. Nehéz haszon-járműmotor károsanyag-kibocsátását korlátozó határértékek változása 1987...2010 között



9. ábra. Nehéz haszonjárművek részecske-kibocsátási határértékek.