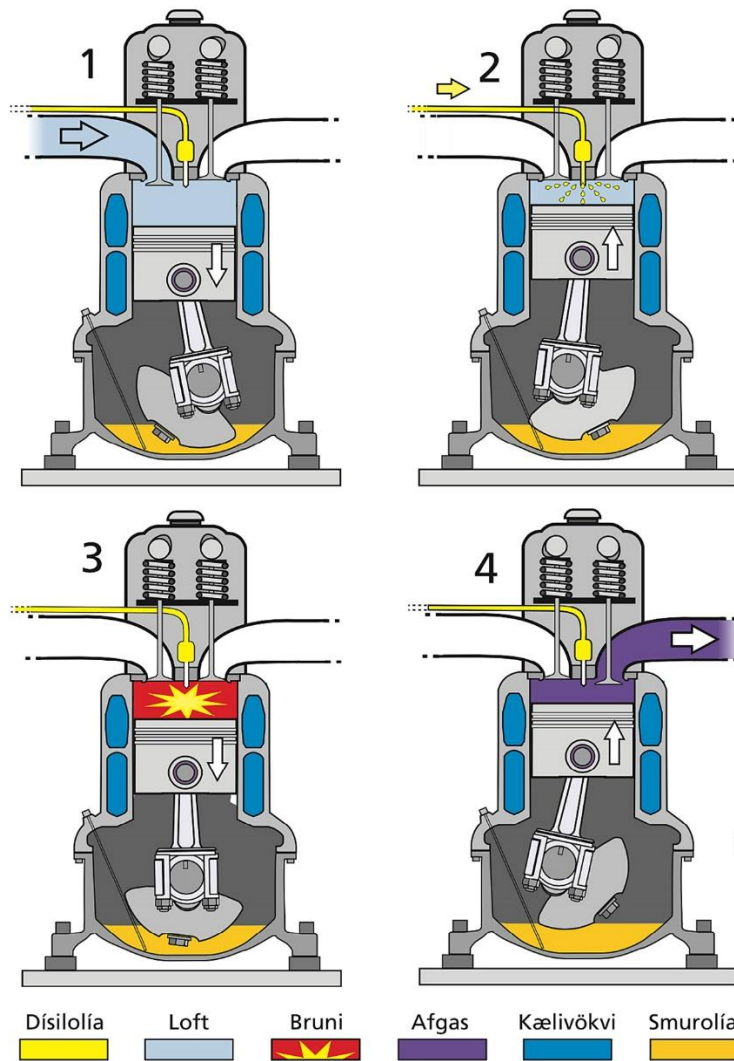


Brennsla jarðeldsneytis



Almennt um brennslu á jarðeldsneyti

Jarðolía

Framleiðsla eldsneytis og hráefnis til iðnaðar úr jarðolíu hófst árið 1859 og árið 2009, þegar þessi iðnaður hafði verið starfræktur með sívaxandi afköstum í hálfra aðra öld, er stundum kennt við „peak oil“, þ.e. hámark olíuframleiðslunnar.

Þorri mannkyns nýtir nú orku úr olíu í einhverjum mæli og mörg samfélög eru afar háð þessum útbreidda orkugjafa. Samgöngur eru víða knúnar orku úr jarðolíu, hún er nýtt til framleiðslu á varma og rafmagni og sem hráefni til framleiðslu á malbiki, plasti, áburði, málningu, snyrtivörum og fleiru. Því er jarðolía afar mikilvæg orkulind fyrir heiminn í dag og án hennar væri lífið og tilveran allt önnur. Mælieiningin fyrir framleiðslu og sölu á jarðolíu (hráolíu) er tunna (e. barrels) og er rúmmálsinnihald hvernar tunnu 159 lítrar (42 gallon) af hráolíu eða um 145 kg.

Framleiðsla jarðolíu hefur aukist mikið frá miðbiki síðustu aldrar en þá var eftirspurnin um 6 milljónir tunna á dag. Árið 2012 var eftirspurnin komin í 88 milljónir tunna á dag og þegar þetta er skrifað er eftirspurnin komin yfir 90 milljónir tunna á dag eða um 4700 milljón tonn á ári. Þar af eru rúm 2700 milljón tonn notuð sem eldsneyti og um 2000 milljón tonn í ýmsar framleiðsluvörur þar sem jarðolía er uppistaðan¹.

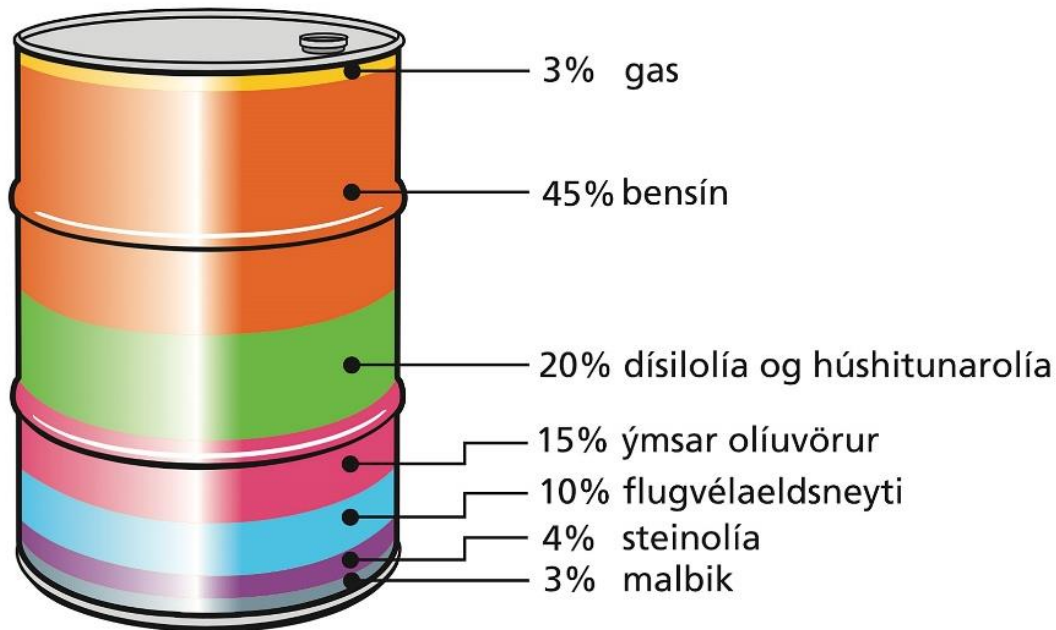
Jarðolíuna er að finna í jarðskorpunni og í iðrum jarðar. Einnig er töluverð olía í svokölluðum olíusandi á yfirborðinu, til dæmis í Kanada. Til að ná olíunni upp á yfirborðið þá er borað eftir henni þar sem hana er að finna í dældum jarðlaga þar sem lindir olíunnar safnast saman í lónum. Séu þessi lón ofarlega í jarðskorpunni þá þrýstist olían upp af sjálfu sér sem gerir það að verkum að borunin verður tiltölulega auðveld. Þetta er hin hefðbundna aðferð við olíuvinnslu og sú auðveldasta (e. easy oil). Þegar olían er djúpt í jarðskorpunni, eða borað er eftir henni úti á hafi, þá er erfiðara að ná henni upp á yfirborðið og þá telst aðferðin óhefðbundin.

Sem óhefðbundnar aðferðir til olíuvinnslu teljast boranir eftir olíu við sjávarbotn, framleiðsla á lífrænum olíum, bergbrot (e. fracking) og vinnsla olíusands. Bergbrotið á sér einkum stað í Bandaríkjunum og vinnsla olíusands í Kanada. Til þess að þessar óhefðbundnu aðferðir við olíuvinnslu geti borgað sig má heimsmarkaðsverð á hráólútunnu ekki fara undir 70 – 80 Bandaríkjadali. Árið 2010 var heildarmagn framleiðslu á jarðolíu sem unnin var með óhefðbundnum aðferðum um 17 milljónir tunna á dag.

Aðferðir við bergbrot eru í aðalatriðum fólgnar í því að borað er lóðrétt niður á ákveðið dýpi og síðan er færslan lárétt inn í bergið. Í framhaldinu er töluverðu magni af vatni við mikinn þrýsting ásamt sandi og þykkingarefnum dælt inn í borholuna og við það springur bergið sem gerir það að verkum að í borholuna safnast olía úr dældum og minni lónum nálægra jarðlaga sem opnast höfðu við aðgerðina. Sandurinn heldur lónunum opnum á meðan olían rennur að borkjarnanum. Olíunni er síðan dælt upp á yfirborðið. Þessi aðferð er dýr en mun verða algeng þegar hefðbundnar olíulindir fara minnkandi og olíuverð hækkar á heimsmarkaði.

Í olíusandi eru sandkornin húðuð þunnu lagi af olíu. Olíusandurinn safnast fyrir á yfirborði jarðar og er mokað upp til vinnslunnar. Notað er mikið magn af upphituðu ferskvatni til að losa olíuhúðina frá sandkorninu. Til að framleiða sem samsvarar einni tunnu af hráolíu þarf um 2 tonn af olíusandi og þrjár til fimm tonn af ferskvatni.

Jarðolíur og brennsluolíur eru unnar úr hráolíu sem kemur beint úr jörðu. Jarðolíurnar þarf að hreinsa í þar til gerðum olíuhreinsunarstöðvum og gera þannig olúna nothæfa meðal annars til brennslu í ýmsum gerðum véla og tækja. Í upphafi eru sandefni, vatn og sölt hreinsuð úr hráolíunni til að koma í veg fyrir tæringu í tækjabúnaði olíuhreinsunarstöðvanna. Í olíuhreinsunarstöðunum er hráolían svo meðhöndluð eða hreinsuð (e. refined) með eimingu við háan hita. Eimingin á sér raunverulega stað í um 50 metra hárra tankasúlu sem fyllt er af hráolíu og hituð neðanfrá þannig að mesti mesti hitinn við 400°C verður neðst í súlunni og lækkar síðan þegar ofar dregur. Í efsta og kaldasta lagið safnast gasefni og bensín við 20 til 150°C, neðar í tankasúlunni er steinolía og eldsneyti fyrir flugvélar við 200°C, dísilolía og svartolía við 300 til 370°C og neðst í tanksúlunni eru smurolía, malbik og tjara við 400 °C. Yfirleitt er reynt að fá um tæpan helming af bensíni og fimmtung af dísilolíu út úr eimingunni².



Heimild: U.S. Department of Energy

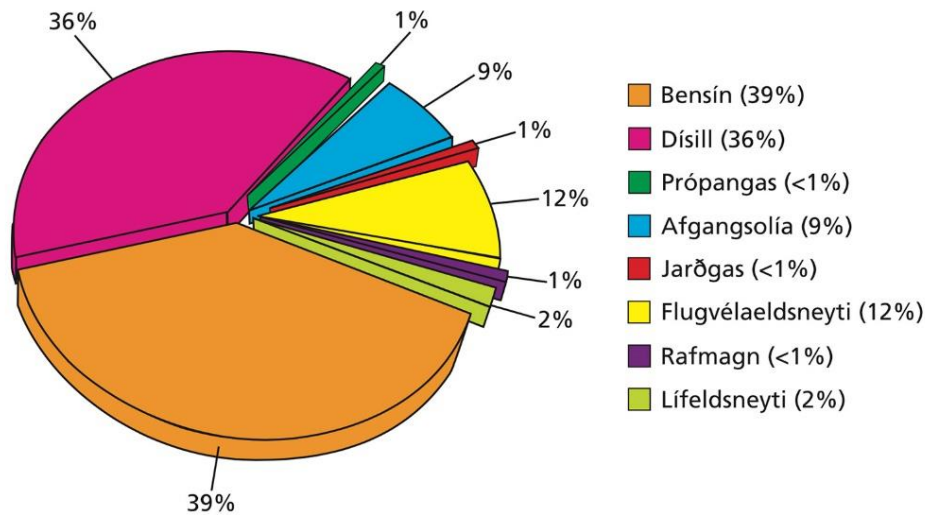
Helstu neytendur jarðolíu nú á tímum eru Norður- og Miðameríka með um 20 milljón tonn á sólarhring. Öll Evrópa notar um 15 milljónir tunna á dag og Kína er komin upp í um 9 milljónir tunna á dag. Helstu framleiðendur hráolíu eru Sádí-Arabía og Rússland með um 10 milljón tunna á dag og rétt á eftir koma Bandaríkin.

Heimsmarkaðsverð á hráolíu hefur frá miðbiki síðustu aldar verið mjög breytilegt en á milli ára 1950 og 1960 kostaði tunnan um 2 USD. Við fyrri olúkreppuna haustið 1973 fór verð á olútunnunni úr 3 USD í 12 USD sem var fjórföld hækkun. Seinni olúkreppan var árið 1979 þegar olútunnan fór úr 13 USD í 34 USD sem tæplega þreföldun á hráolíuverðinu.

Í byrjun árs 1999 var verðið á olútunnunni komið niður í um 10 USD og um mitt ár 2008 var það um 148 USD á tunnu sem er hæsta verð sem olútunnan hefur náð. Árið 2012 var verið á olútunnunni komið niður í 100 USD og í dag er verðið í kringum 60-70 USD á hverja tunnu.

Talið er að hefðbundin framleiðsla hafi náð hámarki (peak oil) sínu í kringum árin 2005 til 2008. Til að halda við því framboði sem þjóðir heims kalla á í dag verður að auka framleiðslu á hráolíu með óhefðbundnum aðferðum og aukinni framleiðslu á lífolíu (bio fuel).

HEIMSNOTKUN ELDSNEYTIS Í SAMGÖNGUM ÁRIÐ 2012



Alls: 2658 milljónir tonna

Myndin sýnir eldsneytið sem samgöngur brenna árið 2012³

Megin uppistaðan í jarðolíu eru kolefni og vetni sem breytast í koltvíoxíð (CO_2) og vatn við bruna í lofti. Einnig losna við bruna jarðolíunnar brennisteinsoxíð (SO_x) og nituroxíð (NO_x), en þau efni ásamt koltvíoxíði (CO_2) eru talin hafa afar slæm áhrif á umhverfið og andrúmsloftið sem og ósonlagið. Til dæmis er notkun jarðdísils á bílvelar í þéttbýli álitin óæskileg vegna mengandi efna í afgasi vélanna en seinni tíma hreinsibúnaður í dísilbifreiðum hefur þó dregið mikið úr þessari mengun.

Vitað er að birgðir jarðeldsneytis eru takmörkuð auðlind. Talið er að árlega sé tekið úr jörðu milljón sinnum meira af hráolíu en til verður í jarðskorpunni úr leifum af lífmassa dýra og jurta. Því er gert ráð fyrir að þessi auðlind muni ganga til þurrðar í fyrirsjáanlegri framtíð. Þó er talið að á vissum svæðum jarðar megi enn finna nýjar olíulindir sem erfitt gæti verið að vinna á hefðbundin hátt og því kostnaðarauki við vinnsluna. En notkunin vex hraðar en vinnslan og er því vart annars að vænta en olíuverð verði óstöðugt og að þessi vinsæli orkugjafi muni verða jafnvel ófáanlegur áður en mjög langt um líður.

Einn aðalkostur jarðdísils umfram flesta umhverfisvæna orkugjafa er góð brunanýtni í dísilvélum. Hvað varðar dreifingu og sölu eldsneytis þá hefur jarðeldsneyti algera sérstöðu eins og nú er ástatt. Það sem dregið getur úr þessari sérstöðu er virk umhverfisvernd þar sem áhersla er lögð á heilsufarsáhrif, sjálfbærni og að draga úr losun efna sem valda gróðurhúsaáhrifum og skaða umhverfið með ýmsum öðrum hætti⁴.

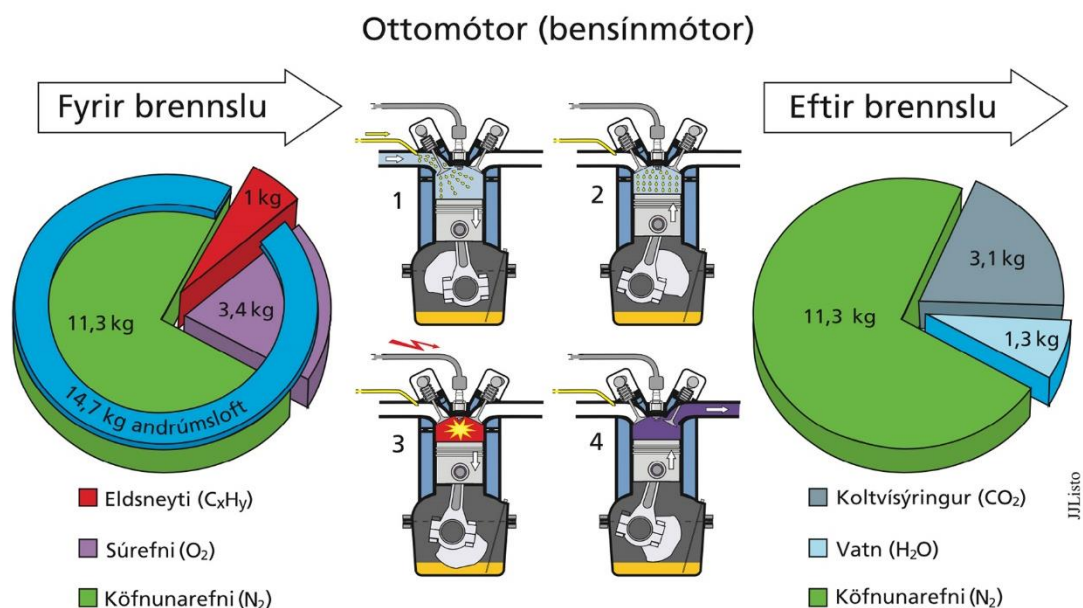
Ákjósanleg brennsla eldsneytis

Jarðeldsneyti eru kolvetnissambönd með 200 mismunandi efnasamsetningum ($C_xH_yO_z$), en kolvetnissamböndum má skipta í gamalt og nýtt kolvetni. Gamalt kolvetni myndaðist fyrir áhrif sólarljóss fyrir milljónum ára. Gróður lenti undir setlögum án undangengins niðurbrots og varðveittist þar. Eftir margskonar efnaferli varð til olía í miklu magni sem myndaði olíulindir djúpt í jarðlögum. Þegar við brennum þessari olíu erum við að nýta okkur sólarorku frá löngu liðinni tíð og við það losnar gamalt kolefni út í andrúmsloftið⁵ og bætist við það sem þar er fyrir af náttúrulegum ástæðum. Hvað varðar nýja kolefnið þá erum við að nýta okkur sólarorkuna í dag en það kolefni er að finna í lífrænum efnasamböndum sem nota má sem lífrænt eldsneyti eins og til dæmis lífdísil (bíódísil) úr repjujurtinni. Lífræna eldsneytið er með svo til sama orkumagn og jarðefnaeldsneytið en inniheldur aukalega um 11% af súrefnismassa sem virkar jákvætt á umhverfispætti brennslunnar⁶.

Jarðeldsneyti eru því leifar af lífmassa sem óx hér á jörðinni fyrir milljónum ára og hefur umbreytt í olíu í tímans rás. Til eru margar tegundir jarðdísils eins og svartolía (heavy fuel oil), skipagasolía, bílaolía og húshitunarolía. Allar eru þessar olíur eru skilgreindar út frá hitastigi hráolíunnar sem þær eru eimaðar við sem og seigju hennar⁷.

Þegar fullkominn bruni á sér stað með hreinu súrefni miðað við kjöraðstæður eins og til dæmis í bensínmótor (Ottomótor) þá þarf 14,7 kg af lofti á móti einu kg af eldsneyti (hér bensíni) og við það er bruninn settur af stað með neista. Þá er talað um λ (lamda) sem þjöppunarhlutfall og í þessu tilfalli er $\lambda = 1$. Loftinu má síðan skipta í 3,4 kg súrefni (O_2) og 11,3 kg köfnunarefni (N_2). Þegar bruninn hefur átt sér stað skilar afgasið út í loftið um 3,15 kg af koltvíoxíð (CO_2), 1,3 kg af vatni (H_2O) en engu súrefni (O_2) og aftur þeim 11,3 kg af köfnunarefni (N_2) sem fóru í brunann. Súrefnið klárast þá á móti eldsneytinu vegna þess að bruninn er fullkominn.

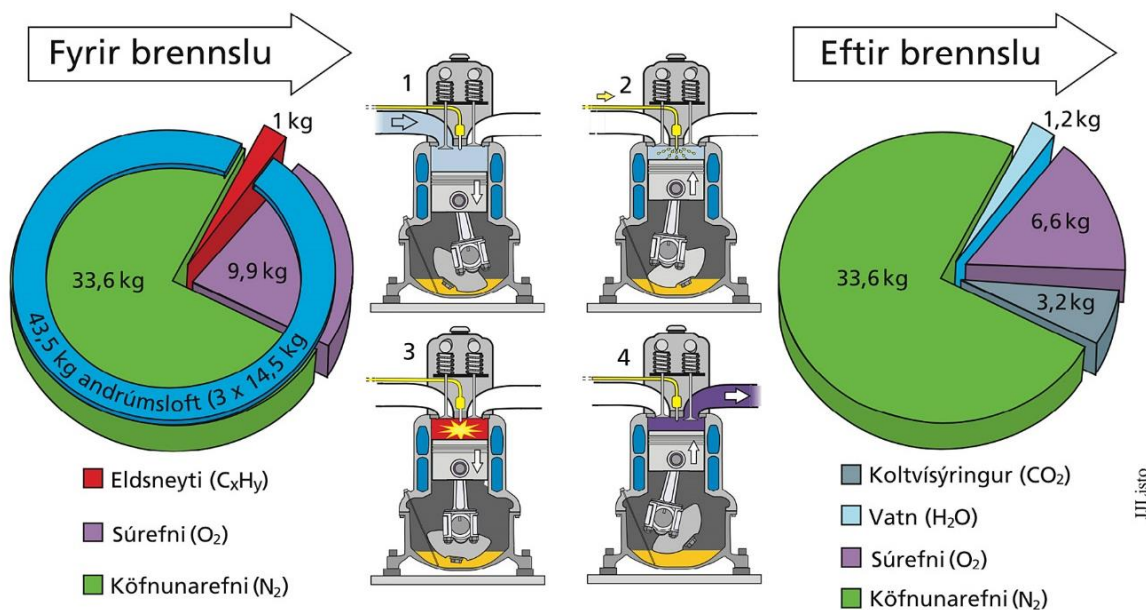
FULLKOMINN BRUNI MEÐ HREINU SÚREFNI MIÐAÐ VIÐ KJÖRAÐSTÆÐUR



Þegar brennsla á sér stað við kjöraðstæður í dísilmotor þá þarf þrisvar sinnum meira magn af lofti en þegar bensíni er brennt eða 43,5 kg (3 sinnum 14,5 kg) af lofti á móti einu kg af eldsneyti (dísil) og við það fer bruninn af stað sem sjálfkveikja vegna þrýstingsins. Þá er talað um að λ sem þjöppunarhlutfall eða $\lambda = 3$. Loftinu má síðan skipta í 9,9 kg súrefni (O_2) og 33,6 kg köfnunarefni (N_2). Þegar bruninn hefur átt sér stað skilar afgasið út í loftið tæpum 3,18 kg af koltvíoxíði (CO_2), 1,25 kg af vatni (H_2O), 6,6 kg af súrefni (O_2) og 33,6 kg af köfnunarefni (N_2). Hér klárast súrefnið ekki á móti eldsneytinu einungis vegna þess að bruninn er fullkominn og þarf því hér 3,3 til 3,4 kg í bruna dísilins. Magn köfnunarefnis sem fer inn er hið sama og það sem skilar sér til baka eftir brunann.

FULLKOMINN BRUNI MEÐ HREINU SÚREFNI MIÐAÐ VIÐ KJÖRAÐSTÆÐUR

Dísilmotor



Munurinn á þessu tvennu er sá að þegar kveikt er í bensíninu þá er notaður neisti (**sparkign**). En þegar kveikt er á dísilolíu er notast við þrýstinginn og talað um sjálfkveikju (**auto-ignition**)⁸.

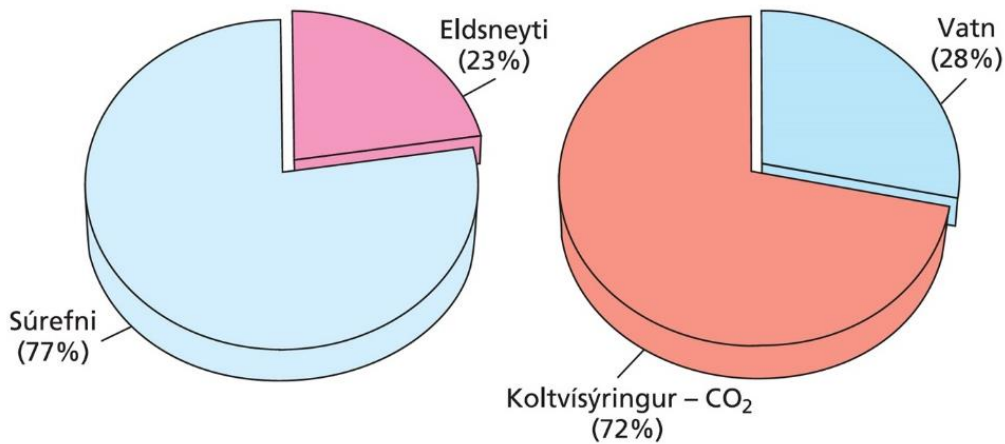
Umhverfispættir brennslu jarðeldsneytis

Jarðdísil er mjög eitruð efni og þarf lítið til að hann mengi umhverfið umtalsvert (t.d. grunnvatn) og vara áhrifin áratugum saman. Einnig er sót, sem til verður við bruna jarðdísil, talið sérstaklega heilsuspillandi því það er fíngert og getur sest í lungun, berst þaðan út í blóðið og í líffærin. Þá berast önnur eitruð úrgangsefni frá bruna dísilolíu út í andrúmsloftið og einnig koma skaðlegar gufur (arómatísk efni) frá jarðdísil áður en hann er brenndur. Þær olúgufur eru svo til allar skaðlegar líkama og heilsu mannsins⁹. Mengunarslys þar sem jarðolía kemur við sögu eru afar erfíð viðfangs og lítið þarf til að menga strandir og úthafið. Ólíkt lífdísil (bíodísil)

er jarðdísill lengi að brotna niður í náttúrunni og því þarf varúðarráðstafanir þegar hann er fluttur milli staða hvort sem er á láði eða legi¹⁰.

Í raun samanstendur brennsla eldsneytis af flóknum efnafræðilegum ferlum. En við þær kjöraðstæður sem lýst er hér að ofan þá bregst 1 kg af eldsneyti við rúmum 14 kg af andrúmslofti (um 12 rúmmetrar andrúmsloft við 20°C). Í því andrúmslofti eru um 3,4 kg af súrefni (O₂). Hlutföllin eru því 23% eldsneyti og 77% súrefni fyrir brennslu eldsneytisins.

Brennsla eldsneytis

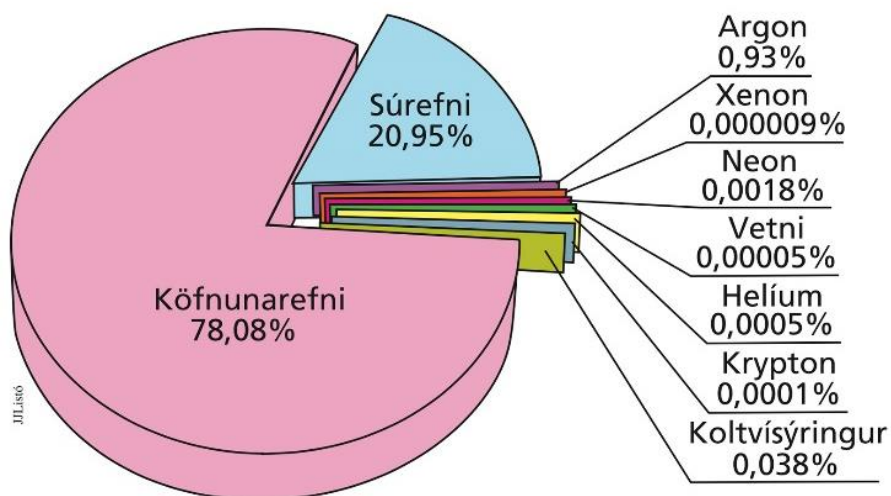


Fyrir brennslu jarðeldsneytis

Eftir brennslu jarðeldsneytis

Eftir brennsluna við kjöraðstæður verða til 3,18 kg af koltvíoxíð og 1,25 kg af vatni (H₂O). Hlutföllin eftir brennsluna eru 28% vatn og 72% koltvíoxíð (CO₂). Vegna þess að önnur efni í eldsneytinu hafa ekki mikil áhrif á koltvíoxíðmyndunina þá má í raun almennt ganga út frá því að 3,15 til 3,18 kg af koltvíoxíði verði til við brennslu á einu kg af jarðeldsneyti¹¹.

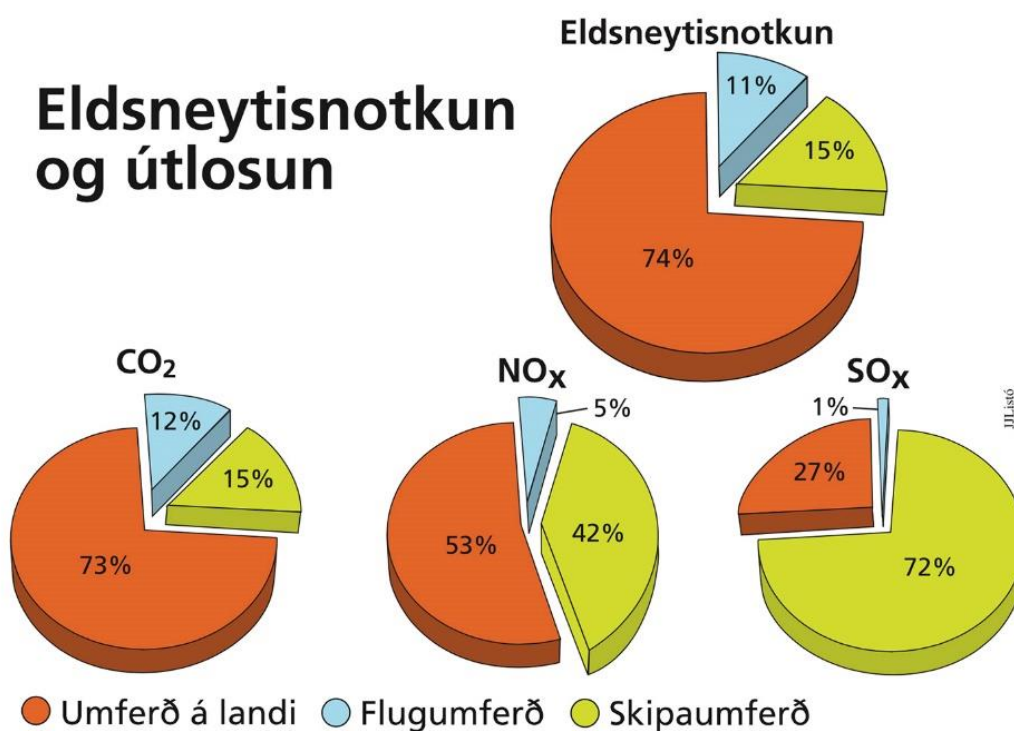
Við venjulegar aðstæður er efnasamsetning andrúmsloftsins í veðrahvolfi og heiðhvolfi mjög stöðug. Nitur (köfnunarefni) er um 78% og súrefni um 21% af rúmmáli lofts. Afgangurinn, um 1%, er aðallega argon ásamt nokkrum frumefnum og efnasamböndum.



Samsetning andrúmslofts

Einnig eru í lofthjúpnum lofttegundir sem hafa breytilegan styrk eins og vatnsgufa (H₂O), koltvíoxíð (CO₂), koleinoxíð (CO), brennisteinstvíoxíð (SO₂), niturtvíoxíð (NO₂), metan (CH₄) og óson (O₃). Við eðlilegar aðstæður á loftið að innihalda efnin eins og myndin hér að ofan sýnir og er þá að jafnaði átt við að loftið sé „ferskt loft“ til öndunar.

Í dísilvélum um borð í skipum eru yfirleitt notaðar jarðolíur með hárrí „cetantölu“ sem segir til um hve hátt hlutfall normalparafíns er í olíunni en það auðveldar sjálfíkveikju með þrýstingnum. Í grófum dráttum má skipta brennsluolíum skipa í þungaolíur eða svartolíur (Heavy Fuel Oil eða HFO) og dísilolíur (Marine Diesel Oil eða MDO). Til fyrri flokksins teljast svartolíur og til þess seinni skipaðísill, flotaolíur og gasolíur. Svartolíur eru yfirleitt með hærri eðlismassa en dísilolíurnar. Svo er einnig með lífdísilolíur sem hér væru annars vegar repjuólían sjálf og hins vegar bíódísill úr repjujurtinni.



Myndin sýnir hlutföll í eldsneytisnotkun og hlutföll skaðlegra efna í afgasi¹²

Efni í afgasi

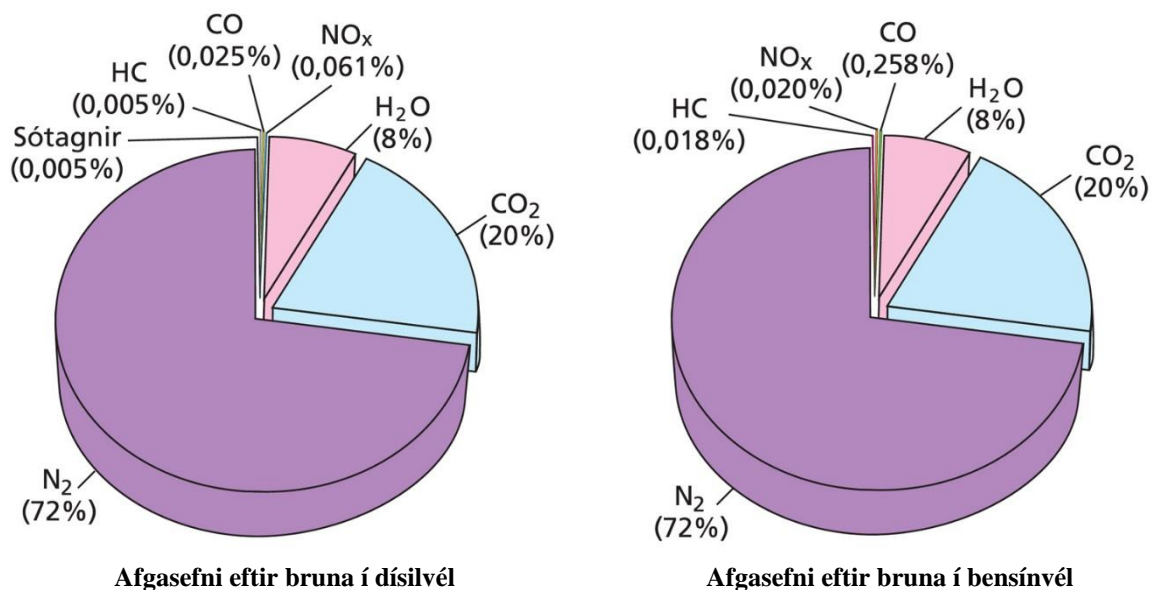
Almennt um efni í afgasi

Helstu efnin sem mynda jarðolíuna eru kolefni (C) og vetni (H) og er samsetning þeirra yfirleitt sett fram í olíunni sem C_xH_y (eða C_xH_{2x+2} sem eru parafín). Önnur efni eru yfirleitt í mjög litlum mæli í olíunni en geta verið margvísleg, sérstaklega í þeim olíum sem eru í þyngri kantinum sem unnar hafa verið og hreinsaðar með aðstoð hvata (catalysts). Sem dæmi má nefna ál, vanadium, natríum, silícium, nikkell, blý og fleiri efni.

Efnasamsetning olíunnar eða eldsneytisins greinist í mismunandi flokka sem eru gasefni, fljótandi bensín og dísil og sem föst efni eins og tjara eða bik. Þegar olían er brennd þarf hún visst magn af súrefni til að mynda brunann og eftir brunann myndast í afgasinu aðallega koltvíoxíð og vatn¹³:

Útblástur dísilvéla ræðst af brennslu eldsneytisins í vélinni og þar með gerð þess og vélbúnaðarins. Við brennslu í brunahólfi dísilvéla myndast efnin koltvíoxíð (CO_2), koleinoxíð (CO) og brennisteinsdíoxíð (SO_2) auk vatnsgufu (H_2O). Að langstærstum hluta verður til koltvíoxíð. Efnið CO myndast í þeim mun meiri mæli sem brennslan er ófullkomnari og einnig við óeðlilega mikið álag á vélina. Við brennslu á þungolíum (svartolíu) sem innihalda mikið af brennisteini og jafnframt önnur efni sem notuð hafa verið til vinnslu olíunnar, svo sem vanadíum, getur myndast SO_3 , sem með vatnsgufu getur leitt til brennisteinssýru, H_2SO_4 , sem hefur skaðleg áhrif á vélahluti. Til að koma í veg fyrir að þetta gerist eru notaðar basískar smurolíur.

Bruni eldsneytis í dísilvélum og bensínvélum er svo til aldrei fullkominn. Afgasefnin eru nær eingöngu köfnunarefni (N_2), koltvíoxíð (CO_2) og vatn (H_2O). En hér fylgja, í afar litlum mæli þó, eitruð snefilefni eins og koleinoxíð (CO), brennisteinsoxíð (SO_2) og sótagfir sem eru öll hættuleg umhverfinu sem og heilsu manna og dýra. Við brennslu jarðefnaolíu hafa þessi efni verið uppistaðan í útlosuninni. Við aukið álag vélanna minnka nituroxíðin (NO_x) og sótið en hin efnin eru hlutfallslega nánast óbreytt.

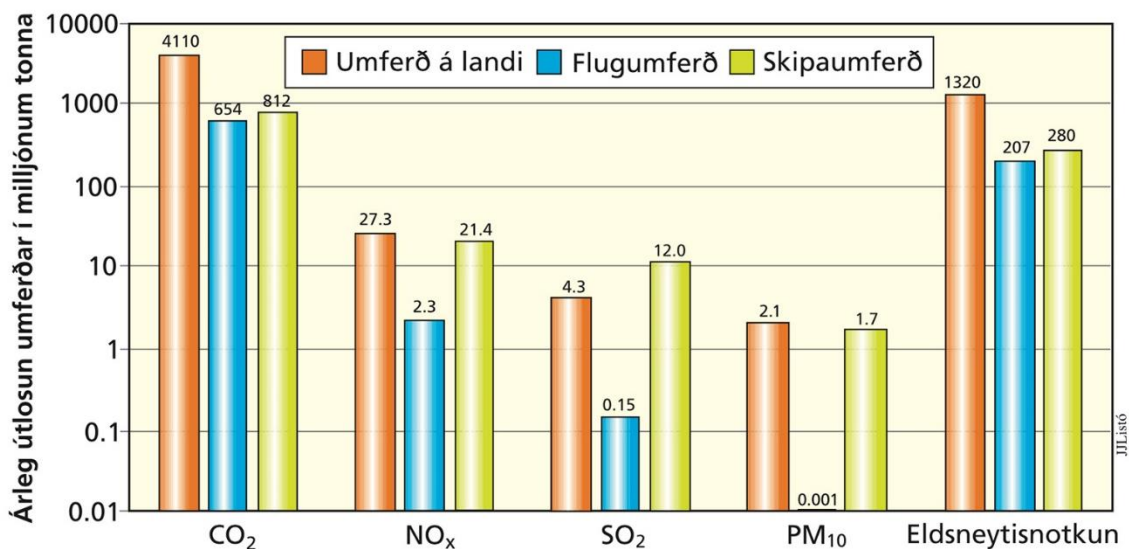


Útblástur þessara snefilefni er mismunandi eftir því hvort um er að ræða dísilvél eða bensínvél. Koleinoxíð (CO), sem er afar eitruð, er 10-sínum meira í bensínvél en dísilvél, en köfnunarefnisoxíð (NO_x), sem er hættulegt heilsu þeirra sem þjást af lungnasjúkdómum, er aftur á móti 3-sínum meira í dísilvél en bensínvél. Sótagfir mælast í útblæstri dísilvéla en fíngert ryk í bensínvélum. Kolvetnin (HC) sem verða til við ófullkominn bruna eru mun hærri í bensínvélinni en þeirri sem keyrir á dísilolíu¹⁴.

Yfirleitt er að finna brennistein í jarðolíunni en magn hans fer oftast ekki yfir 5% af rúmmáli. Séu brennisteinsefni, eins og brennisteinsoxíð (SO_2), í brennsluolíunni þá koma þau efni fram í útblæstrinum. Ef magn brennisteinsoxíð er 1% í olíunni þá verða eftir í afgasinu um 0,02 kg á

hvert eitt kg af olíu sem brennd er. Þess vegna er reynt að takmarka magn brennisteins í brennsluolíu skipa þannig að mesta leyfilega magn brennisteins í til dæmis svartolíu fari ekki yfir 0,1%. Hér hafa verið sett reglur sem gilda frá 1. janúar árið 2015 og er siglingasvæðið kallað Sulphur Emission Control Area (SECA).

Afgas er því af stærstum hluta köfnunarefnið N_2 en þar fyrir utan gróðurhúsalofttegundin CO_2 , auk súrefnis, O_2 og vatnsgufu, en önnur efni eru PM (Particulate Matter), þar á meðal sót, þ. e. hreint kolefni, C, auk efnasambandanna CO, SO_x og NO_x , sem meðal annarra efnasambanda gufa upp eða þéttast. Síðastnefndu efnasamböndin eru öll eitrefni í mismunandi mæli og eru við eðlilega brennslu samtals eitthvað innan við 1% af rúmmálsheildinni. Í reynd er brennslan aldrei fullkomin og við það getur magn koleinoxíð (CO) í afgasi aukist eitthvað en gagnstætt því sem gerist í bensínvélum þar sem CO getur orðið allt að 10%, einkum í tómagangi, þá er yfirleitt langt innan við 1% CO í afgasi díselvéla. Efnið CO er hins vegar mjög eitruð lofttegund og er oft miðað við leyfileg hættumörk 50 ppm eða 0.005% sem rúmmálshlutfall í andrúmsloftinu sjálfu.



Heildarnotkun eldsneytis í samgöngum og magn útlosunar¹⁵

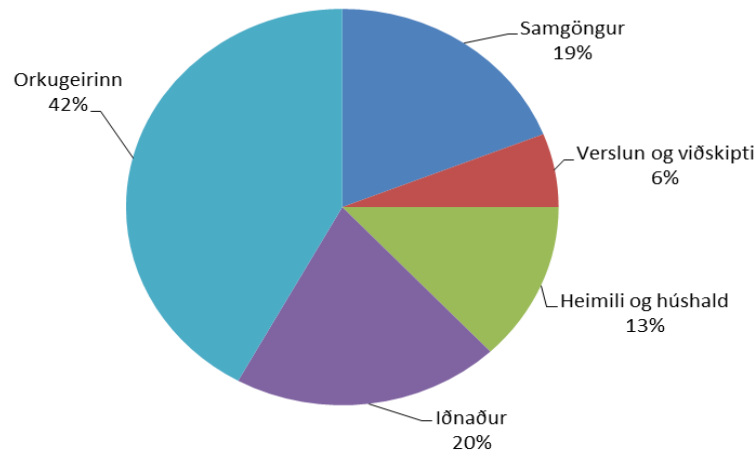
Önnur eitruð lofttegund tengd notkun á jarðolíum er brennisteinsvetni (H_2S). Efnið myndast ekki við brennslu og kemur ekki fram í afgasinu en samkvæmt framleiðendum olíuvara er hætta á myndun þessarar lofttegundar við uppgufun frá olíu sem inniheldur brennistein. Gas þetta er bæði hættulegt við innöndun, hefur truflandi áhrif á öndunarfæri og hefur mikla sprengihæfni. Auk þess er talið að það geti verið krabbameinsvaldandi, bæði við innöndun og snertingu. Hættumörk H_2S , eða leyfilegt innihald í vinnuumhverfi, eru til dæmis í Noregi miðuð við 10 ppm, samkvæmt staðli opinberra aðila þar í landi.

Koltvíoxíð (CO_2)

Koltvíoxíð (CO_2) er aðalútlosunin frá bruna kolefniseldsneyta og er gróðurhúsalofttegund. Hingað til hefur eina leiðin til takmörkunar verið að nýta olíuna betur eða nota aðra orkugjafa og orkubera sem mynda minna eða ekkert CO_2 , t.d. lífeldsneyti og vetni (H_2). Einnig til að

minnka útlosun koltvíoxíð er farin sama leið og með brennisteininn en náttúran bindur koltvíoxíð (CO₂) sem kalkstein (CaCO₃). Vegna magns yrði erfitt að nota kalk til þessa en með hvataoxun í karbónat yrði þetta kolsýra (H₂CO₃) með raka loftins sem síðan lenti í sjónum. Þar binst hún væntanlega kalki og myndar kalkstein sem nýtist lífríkinu¹⁶.

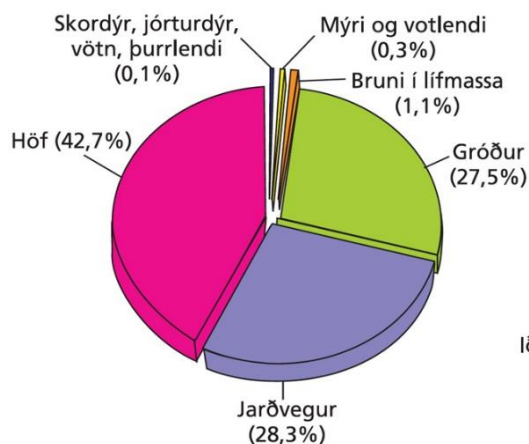
Meðalútlosun á koltvíoxíð CO₂ hin síðari ár af manna völdum



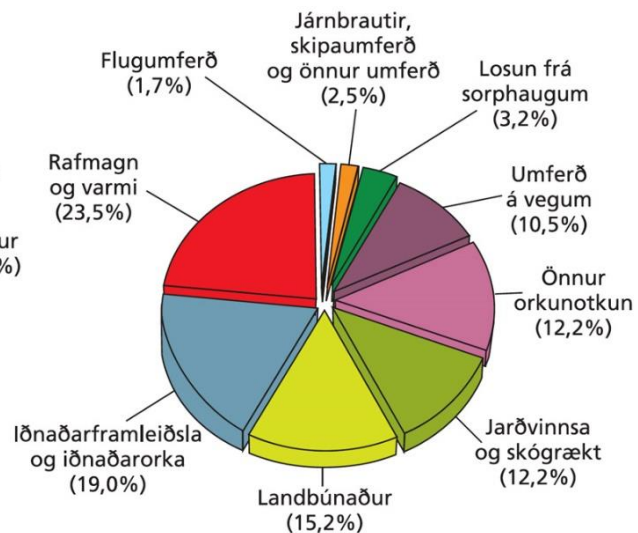
Útlosunin miðast við Þýskaland árið 2005¹⁷

Útlosun af koltvíoxíð (CO₂) er að langmestum hluta frá náttúrunni sjálfri en hlutfall mannsins í sinni orkuþörf fer vaxandi. Hlutfall samgangna er um 19% hvað varðar manngerða útlosun sem í heildina gerir um 1% af árlegri heildarlosun koltvíoxíð (CO₂) í heiminum. Náttúruleg útlosun er hinsvegar aðallega út frá höfum, jarðvegi og gróðri eða árlega um 98,5% náttúrlegrar útlosunar á koltvíoxíði.

Útlosun CO₂ frá náttúrunni Alls 783 Gt/ár (94,7%)

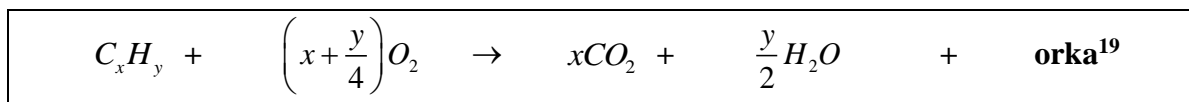


Útlosun CO₂ af manna völdum Alls 44,2 Gt/ár (5,3%)



Útlosunin er bæði frá náttúrunni og af manna völdum 2005¹⁸

Koldíoxíð verður til við brennslu eldsneytis samkvæmt eftirfarandi efnaformúlu:



Eldsneytið er á gasformi við CH_4 (metangas) til og með C_4H_{10} (bútangas), sem fljótandi bensín C_5H_{12} til og með $C_{11}H_{24}$, sem fljótandi dísil $C_{12}H_{26}$ til og með $C_{17}H_{36}$ og sem fast efni eins og tjara frá $C_{18}H_{38}$ til $C_{22}H_{46}$ ²⁰.

Út frá efnaformúlu má til dæmis reikna magn koltvíoxíð (CO_2) í afgasinu miðað við hvert kg af eldsneyti en þá þarf að taka mólmassa frumefnanna og efnasambandanna inn í formúluna og reikna út frá þeim.

Frumefni	Tákn	mólmassi		Efnasamband	Tákn	mólmassi
Kolefni	C	12 kg/kmól		Koltvíoxíð	CO ₂	44 kg/kmól
Vetni	H	1 kg/kmól		Vatn	H ₂ O	18 kg/kmól
Súrefni	O	16 kg/kmól		Súrefni	O ₂	32 kg/kmól
Brennisteinn	S	32 kg/kmól		Brennisteinsoxíð	SO ₂	64 kg/kmól

Brennsla kolefnis				Brennsla kolefnis miðað við 1 kg af C		
C	O ₂	CO ₂		C	O ₂	CO ₂
12 kg	32 kg	44 kg		1 kg	2,67 kg	3,67 kg

Einnig má reikna magn CO_2 í afgasinu miðað við brennslu á hverju kg af kolefni og þá út frá hlutfalli kolefnisins í olúnni. Töflurnar hér að ofan sýna það á mjög einfaldan hátt.

Magn koltvíoxíð í afgasi miðað við bruna á 1 kg af eldsneyti						
Eldsneyti	Tákn	kg C	kg H	Hlutfall C	Stuðull	CO ₂ /1 kg
Metangas	CH ₄	12	4	0,75	3,67	2,75
Bensín	C ₇ H ₁₆	84	16	0,84	3,67	3,08
Dísill	C ₁₅ H ₃₂	180	32	0,85	3,67	3,12

Sem dæmi hér má taka C_7H_{16} sem er venjulegt bensín og yrði efnaformúlan eftirfarandi: $C_7H_{16} + 15O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$. Miðað við 1 kg af bensíninu reiknast hér 3,52 kg af súrefni á móti bensíninu og eftir brennslu myndi mælast í afgasinu 3,08 kg af koltvíoxíði og 1,44 kg af vatni.

Einnig má taka dæmi $C_{15}H_{32}$ sem er dísilolía með lága seigju og efnaformúlan er eftirfarandi $C_{15}H_{32} + 31O_2 \rightarrow 15CO_2 + 16H_2O$. Miðað við 1 kg af dísilolíu reiknast hér 3,47 kg af súrefni á móti olúnni og eftir brennslu myndi mælast í afgasinu 3,11 kg af koltvíoxíði og 1,36 kg af vatni.

Nituroxíð (NO_x)

Útlosun nituroxíð (NO_x) er svo til einungis háð hitastigi í brennsluhólfi véla og því ekki háð gerð eldsneytis. Hér er það nitur andrúmsloftsins í brennsluoftinu sem oxast við hitann í brunahólfinu sama hvaða eldsneyti er notað. Aðallega myndast NO₂ og N₂O. Vegna rakans í andrúmsloftinu myndast saltpétursýra (HNO₃) sem verður að mjög skaðlegu síru regni. Þess vegna er um allan heim reynt að draga úr útlosun á nituroxíði. Besta aðferðin er hvataoxun í nitur og vatn. Myndun nituroxíða er mest í hægagangi véla. Unnt er að draga úr myndun þess með hægari bruna við lægri hita eða vatnsíblöndun í eldsneyti.

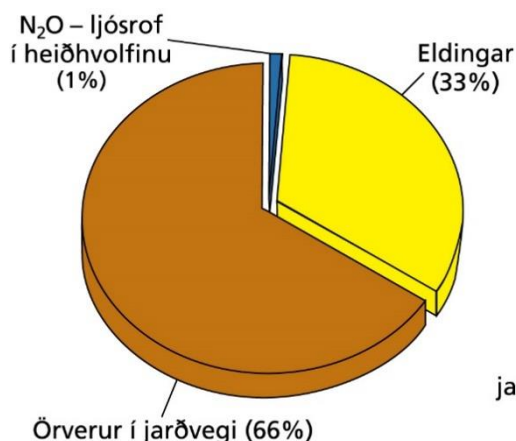
Hlutfallslegt magn í útlosunar á nituroxíði (NO_x) er háð álagi og brennsluhita í brunahólfi vélar:

Svartolía	í byrjun 100% og fer í 60% við fullt álag
Skipaolía	í byrjun 100% og fer í 60% við fullt álag
RME (repjudísill)	í byrjun 110% og fer í 70% við fullt álag vegna hærri brunahitastigs

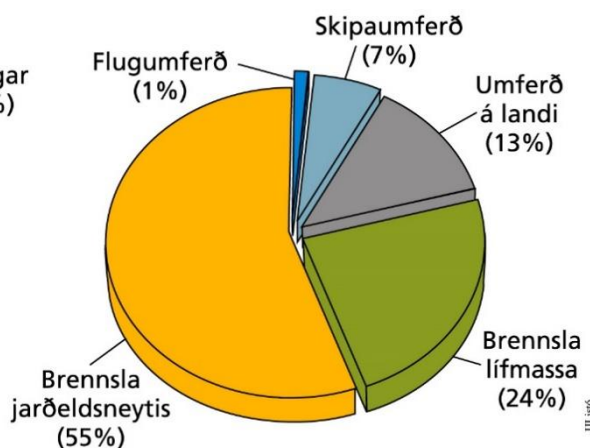
RME er ekki eldfimt, óeitrað og brotnar niður í náttúrunni á 2-3 vikum. Það minnkar þörf fyrir jarðefnaeldsneyti um 95% hlutfallslega miðað við líftímakostnað sé það ræktað innanlands.

Við útblástur 1 kg af dísilolíu myndast að jafnaði 0,04 kg af NO_x gasi sem er aðallega NO og NO₂. Er hér miðað við meðalbrunahita í brennsluhólfi vélar²¹.

Útlosun NO_x frá náttúrunni
Alls 15,2 Mt/ár (20,3%)



Útlosun NO_x af manna völdum
Alls 59,8 Mt/ár (79,7%)



Útlosunin er bæði frá náttúrunni og af manna völdum 2005²²

Útlosun NO_x er að langstærstum hluta af manna völdum og þá aðallega vegna almennar brennslu á jarðeldsneyti og samgöngum. Hér er hluti skipaumferðar 7% í manngerði útlosun sem gerir um 5,5% af árlegri heildarlosun nituroxíðs (NO_x). Náttúruleg útlosun NO_x er svo til aðallega út frá örverum og eldingum.

Brennisteinsoxíð (SO_x)

Við brennsluna oxast brennisteinn (S) alveg í SO₂ og SO₃ lofttegundirnar með súrefni brennsluoftsins og er magn þeirra í réttu hlutfalli við brennisteinsprósentuna í brennsluolfunni. Eigi að takmarka útlosun SO_x er besta leiðin að nota olíu án brennisteins sem er dýrari. Vöskun brennisteinsoxíða er gerð með því að kæla gösin niður og vaska síðan út með uppleystu kalki (CaO) í vatni eða sjó sem myndar CaSO₄ eða það efni sem náttúran myndar raunar sjálf. Súlfatínu þarf að koma í lóg. Séu brennisteinsoxíðin látin fara út í loftið enda þau sem súrt regn brennisteinssýru. Þar sem oxíðin með gufu frá brennslunni eru tærandi er basískt Ca í smurolúnni alla jafna notað til að hlutleysa sýruna, t.d. 2,5% Ca í smurolíu fyrir 3,0% S í brennsluolfunni²³.

Magn brennisteinsoxíðs (SO₂) í dísilolíu er yfirleitt eftirfarandi:

Svartolía (HFO)	inniheldur um 4,5% brennistein (S)
Skipaolía (MDO)	inniheldur um 0,4% til 0,1% brennistein (S)
RME (repjudísill)	inniheldur engan (0,0%) brennistein (S)

Við útreikninga á útlosun brennisteinsoxíði (SO₂) er miðað við brennsluna á brennisteininum samkvæmt eftirfarandi:

Brennsla brennisteins				Brennsla brennisteins miðað við 1 kg af S		
S	O ₂	SO ₂		S	O ₂	SO ₂
32 kg	32 kg	64 kg		1 kg	1 kg	2 kg

Ef hér er miðað við brennsluna á 1 kg af brennisteini með súrefni þá verða til 2 kg af brennisteinstvíoxíð (SO₂). Ef til dæmis 1% af brennisteini er í jarðolíunni þá er útlosun SO₂ 0,02 kg miðað við brennslu á 1 kg af jarðolíunni²⁴.

Sótagnir (PM)

Lögð er áhersla á draga úr útlosun sótagna frá skipavélum vegna hlýnunar sem sótagirnir valda þegar þær taka í sig geislun frá sólinni. Sótagnir verða aðallega til þegar brennsluvélar eru í hægagangi. Sótagnir eru svartar að lit og draga í sig sólarljósið. Þegar sótagirnir dreifast á ísbreiður pólanna auka þær til muna bræðsluna á ísnum.

Kolreykur eða föst efni í útlosun frá brennslu jarðeldsneytis er oft nefnt „black carbon (BC)“ eða svart kolefni sem er af hreinu kolefni eða sóti (elementar carbon (EC)) og lífrænu kolefni (organic carbon (OC)). Af 505 mg BC/kWh er 10 mg EC/kWh fyrir svartolíu, en 144 mg BC/kWh og 15 mg EC/kWh fyrir skipaolíu.

Sótagnirnar eru frá klösum óbrenndra eða hálfbrenndra agna olíu eða smurolíu. ösku (steinefnum) í olíu eða stimpilsmurolíu. Til að minnka útlosun sótaganna er notuð seigjuminni olía eða meiri þrýstingur er settur á olíuna við innspýtingu. Við hreinsun sótagna í afgasi er

vatnsúðun áhrifamest en hún getur hreinsað sótagfir yfir 90% úr afganginu. Einnig eru notaðar rafsíur fyrir smærri agfir. Rafsíurnar geta náð 99% agfanna úr afganginu en rafsíur eru mjög plássfrekar og því er vatnsúðunin heppilegri.

Hlutfallslegt magn í útlosunar á sótögnum (PM) er háð álagi vélar:

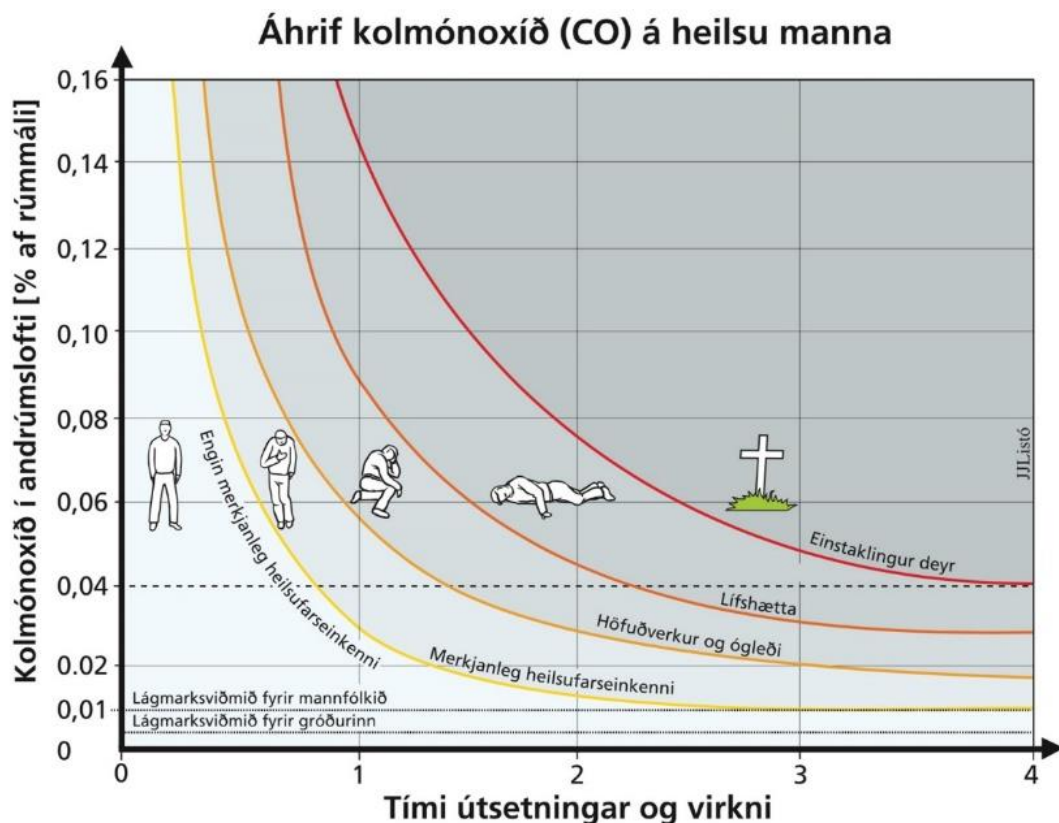
Svartolía	í byrjun 100% en minnkar við fullt álag
Skipaolía	í byrjun 30% en minnkar við fullt álag
RME (repjudísill)	er nánast enginn reykur, einungis hvít vatnsgufa

Önnur efni í afgangi

Koleinoxíð (CO) er afar eitruð lofttegund og hefur mjög neikvæð áhrif á heilsu manna. Koleinoxíð myndast við ófullkominn bruna (oxun) olíunnar vegna ónógs brunatíma eða styrks olíublöndunnar í brunaholinu. Koleinoxíð oxast fljótt í lofti í koltvíoxíð. Nota mætti efnahvata til að oxu koleinoxíð í útsleppi í CO₂.

Ef miðað er við hlutfallslegt magn koleinoxíðs (CO) í útlosuninni þá er samanburðurinn eftirfarandi:

Svartolía	100%
Skipaolía	100%
RME (repjudísill)	70%



Kolvetni (HC) er óbrennd olía í útlosun ef hiti er ekki nógu hár eða vegna tæknilegra galla á brennslunni eins og þrýstingi. HC mætti oxa með hvötum eða eftirbrenna. Sú aðferð er nefnd VOC sem er roksgjarnt lífrænt kolefni²⁵.

Hlutfallslegt magn í útlosunar á kolvetni (HC) er háð álagi vélar:

Svartolía	100%
Skipaolía	26%
RME (repjudísill)	15%

Heimildir

¹ <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Internationaler-Energiemarkt/energiedaten-int-energiemarkt-50.html>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Oil_refinery

³ Final Report. Building up the future. Sup group on Advanced Biofuels. Sustainable Transport Forum. European Commission, March 2017.

⁴ Jón Bernódusson; 2010: „Umhverfissvænir orkugjafar – ræktun á repju og nepju til framleiðslu á lífrænni dísilolíu fyrir íslenska fiskiskipaflotann“. Siglingastofnun Íslands 2010.

⁵ Einar Einarsson; 2007; „Greinasafn“. Náttúran. natturan.is, 2006 – 2007.

⁶ Schümann, Ulrike; Harndorf, Horst; 2009: „Kraftstoffe“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock 2009.

⁷ Jón Bernódusson; 2010: „Umhverfissvænir orkugjafar – ræktun á repju og nepju til framleiðslu á lífrænni dísilolíu fyrir íslenska fiskiskipaflotann“. Siglingastofnun Íslands 2010.

⁸ Bank, Robert; Harndorf, Horst; 2009: „Abgasnachbehandlung“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock. 2009.

⁹ The European Environmental Bureau (EEB), The European Federation for Transport and Environment (T&E), Seas At Risk (SAR), The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain; 2004: „Air pollution from ships“. November 2004.

¹⁰ Effiziento; 2010: „Fossile Energie – Bio-Kraft aus der Vergangenheit.“ 30. september 2010.

¹¹ <http://auto-umwelt.at/>

¹² Data from Eyring et al. J Geophys Res 110 (2005) – Presented by Erik Fridell

¹³ Schümann, Ulrike; Harndorf, Horst; 2009: „Kraftstoffe“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock 2009.

¹⁴ <http://auto-umwelt.at/>

¹⁵ Data from Eyring et al. J Geophys Res 110 (2005) – Presented by Erik Fridell

¹⁶ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.

¹⁷ Bank, Robert; Harndorf, Horst; 2009: „Abgasnachbehandlung“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock. 2009.

¹⁸ <http://auto-umwelt.at/>

¹⁹ Schümann, Ulrike; Harndorf, Horst; 2009: „Kraftstoffe“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock 2009.

²⁰ Watter, Holger; 2013: „Regenerative Energiesysteme. Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis“. Springer Vieweg 2013

²¹ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.

²² <http://auto-umwelt.at/>

²³ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.

²⁴ Watter, Holger; 2013: „Regenerative Energiesysteme. Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis“. Springer Vieweg 2013

²⁵ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.