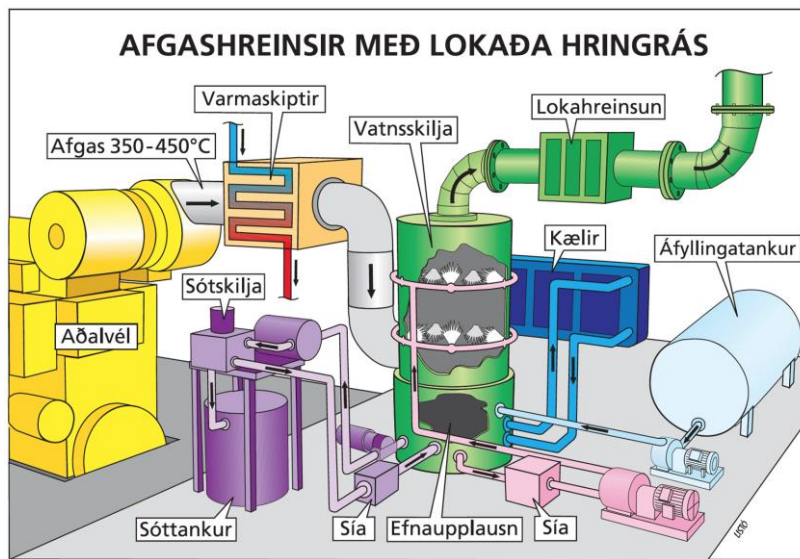
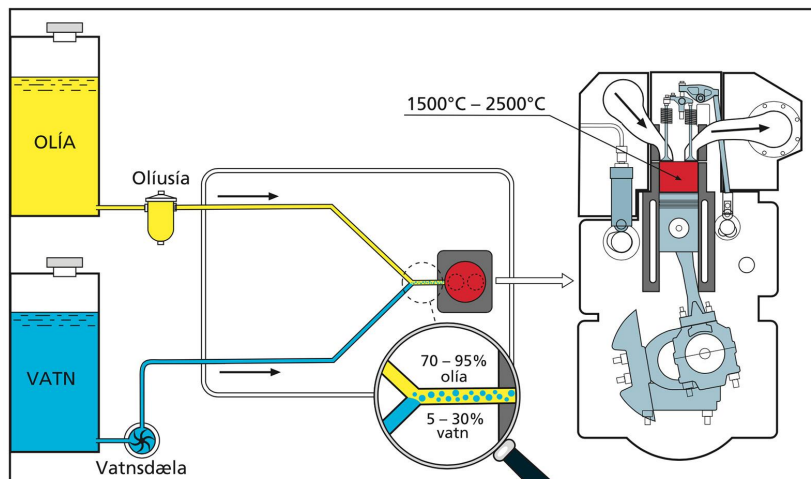


Hreinsun óæskilegra lofttegunda og sótagna úr afgasi skipavéla



Eftirmeðferð



Fyrirmeðferð

Almennt um hreinsun á afgasi

Almennt hreinsunarferli afgasbúnaðar

Afgashreinsun felst í því að efni, sem óæskilegt er að berist út í andrúmsloftið, eru hreinsuð úr útblæstri frá til dæmis skipavélum með eftir- eða fyrirmeðhöndlun. Þessi aðferð veldur því að útblástursmengun minnkar til muna.

Flest allar aflvélar skipa ganga fyrir jarðefnaeldsneyti (e. *Fossil Fuel*). Vélar í minni skipum ganga aðallega fyrir skipagasolíu (e. *Marine Diesel*) en svartolíu (e. *Heavy Fuel*) er oftast notuð á stærri og aflmeiri skipavélum. Svartolíu er mun þykkari en skipagasolíu og er einnig minna hreinsuð og talsvert ódýrari. Svartolíu er því einkum áhugaverður kostur fyrir útgerðir skipa sem brenna miklu magni af jarðefnaeldsneyti.

Þegar jarðefnaeldsneyti er brennt, til dæmis í skipavélum, veldur bruninn í brunahólfi vélanna útblástursmengun. Þessi mengun er hættuleg umhverfinu sem og heilsu manna og dýra bæði til lengri og skemmri tíma. Alþjóðasamfélagið hefur í nokkurn tíma hert á kröfum í reglum og stöðlum með ákvæðum til að draga úr útblástursmenguninni. Að hreinsa afgasið frá útblæstri dísilvéla er aðferð til að mæta þessum alþjóðlegu kröfum.

Óæskilegu efnin í afgasi skipavéla eru helst koltvíoxíð (CO_2), brennisteinsoxíð (SO_x) og nituroxíð (NO_x). Einnig er mismunandi magn sótagna (PM) í afgasinu en þær agnir geta verið mjög fínar og borist í líkama manna og dýra í gegnum öndunina. Að auki er kolmónoxíð (CO) að finna í afgasi dísilvéla en þó í mun minna magni en í útblæstri bensínvéla. Kolmónoxíð er ein eitraðasta lofttegundin sem finnst í afgasinu. Afgashreinsunin er afar árangursrík aðferð hvað varðar eftirmeðhöndlun þessara efna. Svo á einnig við um fyrirmeðhöndlun sem er vatnsfleyting (Water in Fuel Emulsion) þar sem vatni er blandað í olíuna rétt áður en hún fer inn í brennsluhólf vélarinnar. Báðar þessar aðferðir eru einfaldar og árangursríkar enda liggur fyrir góður árangur af þeim báðum hvað varðar hreinsun á óæskilegum lofttegundum í útblæstri vélanna¹.

Hvað varðar hreinsun afgass með eftirmeðferð þá á hún sér aðallega stað með hreinu vatni eða sjó og einnig með efnablöndun þar sem ýmsum efnum er bætt í hreinsivökvann og þá sérstaklega til að hreinsa betur koltvíoxíð (CO_2) og nituroxíð (NO_x) úr afgasinu. Vatnshreinsunin er mjög árangursrík aðferð hvað varðar eftirmeðferð á hreinsun og þá bæði á sótögnum og brennisteinsoxíðum (SO_x) sem hvortveggja hreinsast að mestu leyti úr afgasinu.

Því er afgashreinsunin aðferð til að draga úr mengandi útblæstri véla annars vegar með eftirmeðhöndlun afgassins (e. Exhaust Gas Cleaning) eða með fyrirmeðhöndlun þess sem

vatnsfleytu (e. Water in Fuel Emulsion) þar sem vatni er bætt í eldsneytið rétt áður en það fer inn í brennsluhólf vélarinnar.

Í nýjum skipum í dag er vothreinsibúnaður, sem er vatnshreinsun með eftirmeðferð, að verða staðalbúnaður í vélarrúmum skipanna. Fyrst og fremst vegna þess að bæði búnaðurinn og hreinsiferlið er einfalt og skilvirt. Sé hreinsibúnaðinum komið fyrir í skipinu þegar skipið er í smíðum er kostnaður við hreinsikerfið ásættanlegur. Sé aftur á móti hreinsibúnaði komið fyrir í eldra skipi er kostnaðurinn í dag töluverður. Ef litið er til þess að hreinsunin virki eins vel og til má ætlast þá ætti eflaust að vera auðvelt að koma fyrir einföldum og ódýrari búnaði í eldri skip ef vélarúm þeirra bjóða upp á slíkt hvað varðar pláss og fyrirkomulag.

Einnig eru vélaframleiðendur nú að bjóða aðalvélar og hjálpavélar skipa með vatnsfleytingu (Water in Fuel Emulsion) sem staðalbúnað. Er algengast að vatnsinnihaldið sé um 20% í olíunni þegar vatnið fer með henni inn í brunahólf vélarinnar.

En báðar þessar aðferðir eru í raun tæknilega einfaldar og skila góðum árangri þar sem sum hinna óæskilegu efna hverfa svo til alveg úr afgasinu og á það aðallega við sótagfir og brennisteinsefnasambönd.

Umhverfisvænir orkugjafar og orkuberar

Með því að nota umhverfisvæna og endurnýjanlega orkugjafa í stað jarðdísils má einnig minnka verulega magn eitrefna í afgasi. Þessir orkugjafar eru með mismunandi orkugetu miðað við jarðdísil og af margvíslegum gerðum en í íslensku samhengi ber helst að nefna bíódísil sem framleiddur er úr repjujurtinni sem vex með ágætum hér á landi. Bíódísill og repjuolía hafa svo til sömu orkugetu og jarðdísill og einungis þarf að gera smávægilegar breytingar á skipavélum til þess að unnt sé að nota þessi eldsneyti á þær.

Einnig má nefna umhverfisvæna orkubera en þeir eru framleiddir í gegnum aðra orkugjafa og þá helst með rafmagni. Orkuberarnir geta hentað skipavélum og dregið úr útblæstri á óæskilegum efnum frá þeim. Má hér nefna metanól (tréspíri), DME (vatnsskert metanól) og vetni. Orkugeta þessara orkubera er talsvert minni en orkugeta lífdísils en þeir eiga það sammerkt að minna er af eitruðum lofttegundum í afgasi þeirra en jarðdísils. Er hér helst um íblöndun að ræða og þá með umhverfisvænu eldsneyti (repjudísil) eða orkubera (metanól)². Hin síðari misseri hafa staðið yfir tilraunir til að knýja skip með raforku og lofa þær góðu.

Samt ber að hafa í huga hvort efnin í orkuberunum séu sjálf eitruð. Ef svo er þá geta þau valdið umhverfismengun ef þau komast í tæri við andrúmloftið eða jarðveg.

Jafnvel þótt orkugjafar og orkuberar séu umhverfisvænir þá eiga þeir á vissan hátt erindi inn í afgashreinsunina. eru það þá aðallega koltvíoxíð (CO₂) og nituroxíð (NO_x) sem ákjósanlegt er að hreinsa úr afgasinu. Brennisteinn og sót koma varla fyrir hjá umhverfisvænum orkugjöfum og orkuberum og eru því umhverfisáhrif þeirra að þessu leyti jákvæð³.

Afgastilraunir og framtíðar notagildi

Siglingastofnun Íslands (forveri Samgöngustofu) hannaði árið 2006 búnað sem hreinsar úr afgasi skipavéla brennistein, sótagnir, koltvíoxíð (CO_2) og nitrefni (NO_x). Í framhaldinu var sett af stað tilraunaverkefni afgashreinsunar sem bar heitið „Hreinsun á afgasi skipavéla“. Búnaðurinn var sérhannaður vöskunarbúnaður eða vothreinsibúnaður eftirmeðferðar þar sem afgas fer í gegnum vatnsúðun áður en það kemst út í andrúmsloftið. Þegar Siglingastofnun var lögð niður tók Samgöngustofa við verkefninu.

Í meginráttum miðaði verkefnið að því að þróa og smíða hreinsibúnað fyrir afgas frá vélum sem nota jarðdísil og einnig íslenskan repjudísil.

Notaðar voru viðurkenndar aðferðir við verkefnið og byggt á þeirri reynslu og þekkingu sem alþjóðlegir frumkvöðlar slíkra verkefna höfðu safnað saman og finna mátti í birtum niðurstöðum þeirra. Til að gera verkefnið markvisst voru aðferðir og búnaður löguð að íslenskum aðstæðum og reynt að gera hreinsibúnaðinn einfaldan og með góðra virkni. En markmiðið var alltaf að hægt yrði að koma búnaðnum fyrir í vélarýmum skipa og að unnt væri að draga úr umhverfismengun og það á hagkvæman og einfaldan hátt.



Afgashreinsibúnaður Siglingastofnunar á Nesjavöllum árið 2006

Niðurstöður mælinganna sýndu að mikið magn af óæskilegum efnum og lofttegundum sátu eftir í vatninu eftir vöskunina í búnaðinum en magn sótagna, kolefnasambanda og brennisteinssambanda í afgasi minnkaði. Sem dæmi reyndist unnt að fjarlægja brennisteinstvíoxíð (SO_2) og brennisteinsvetni (H_2S) með þessum vothreinsibúnaði og hindra að þessi eitrefni mengi andrúmsloftið. Frárennslisvatnið fór síðan í gegnum sérstakt síukerfi

sem hreinsaði efnin úr grugguga vatninu⁴. Brennisteinsoxíð og brennisteinsvetni koma frá brennslu jarðdísils og einnig vegna framleiðslu á áli (SO₂) og í útblæstri frá háhitavirkjunum (H₂S).

Í framhaldi af þessu verkefni kom upp hugmynd um að koma svipuðum afgasbúnaði fyrir í einu flutningaskipi sem er í eigu íslenskra útgerðaraðila.

Samgöngustofa ásamt samstarfsaðilum myndu í þessu framhaldi hanna og smíða sambærilegan og jafn einfaldan afgashreinsibúnað og áður hafði verið smíðaður. Slíkum búnaði yrði til að byrja með komið fyrir við dísilkeyrða ljósavél sem afkastar ekki meiru en 500 til 1000 kW með það að markmiði að hægt verði að mæla efnin í útblæstri vélarinnar eftir að afgasið hafi verið hreinsað.

Þegar niðurstöður mælinganna liggja fyrir, og þær þá vonandi ásættanlegar með tilliti til krafna og hugmynda útgerðaraðilans, mætti skoða leiðir til að hanna búnað í samræmi við stærri vélastærðir og vélasamstæður útgerðarfélagans.

Eftirmeðferð á afgasi

Almennar aðferðir afgashreinsunar með eftirmeðferð

Hreinsun á afgasi frá aðalvél (og ef við á ljósavélum og katli) með eftirmeðferð felst í því að afgasið fer í gegnum úðun og vöskun í afgashreinsiturninum (afgasskilju). Úðunarvökvinn er venjulegt vatn eða efnablenda. Vökvinn fer síðan í gegnum síubúnað sem hreinsar vatnið eða efnablöndunina þannig að hægt er að nýta vökvann aftur.

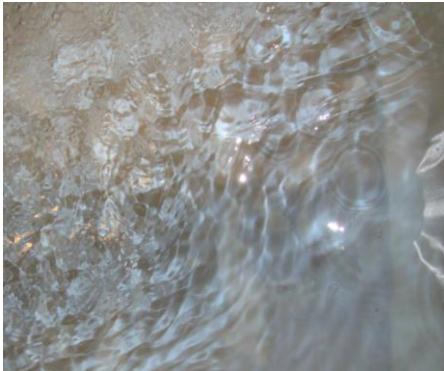
Til að hreinsa brennisteinsoxíð (SO_x) og sótagfir úr afgasinu er einungis notað vatn. Brennisteinninn og sótagfirnar hverfa að 90 - 95% hluta úr afgasinu. Ef hreinsa á einnig koldíoxíð (CO₂) er örlitlu af kalki bandað í efnablönduna og við það hreinsast um 20 - 25% af efninu úr afgasinu. Hreinsun nituroxíða (NO_x) tekst best með íblönduðu karbamíð (úrefni) í efnablöndunina og við það hreinsast um 25 - 35% úr afgasinu.

Efnin sem hreinsuð eru úr afgasinu eru síðan síuð frá vatninu eða efnalausninni og meðhöndluð sem spilliefni og er fargað í samræmi við það eins lög og reglur gera ráð fyrir.

Vothreinsun

Með vothreinsun er átt við að einungis hreint vatn sé notað við afgashreinsunina. Í mörgum tilfellum má nota sjó þegar hreinsibúnaðurinn er hannaður fyrir það. Sjór getur verið mjög hentugur í vothreinsun því nóg er af honum í kringum skipið.

Vatninu er úðað á afgasið í þar til gerðum turni þar sem afgasið hefur safnast saman eftir að það kemur úr afgasröri vélarinnar eftir varmaskiptin. Úðun vatnsins í turninum gerir það að verkum að vatnsdropar setjast á og bleyta til dæmis sótagirnir og við það falla þær niður í botn turnsins í stað þess að fylgja gasinu út um reyk háf skipsins og áfram út í andrúmsloftið. Vatnsblautar sótagirnir sitja þá eftir í botni turnsins og í framhaldinu fara þær ásamt óhreina vatninu í gegnum síukerfi búnaðarins þar sem sótagirnir og óhreinindin eru síuð úr vatninu og það síðan notað aftur í hreinsunina.



Hreint vatn áður en það fer inn vothreinsiturninn



Sama vatnið eftir eina vöskun í vothreinsiturni

Í heildina minnkar vatnsúðunin í turninum losun á sótögnum (Black Carbon), á koltvíoxíði (CO_2), brennisteinsoxíði (SO_x) og nituroxíði (NO_x). Við aðstæður sem þessar, og þegar einungis er beitt vatnsúðun, minnkar útlosun sótagna um 90%, útlosun brennisteinsefna um allt að 98%, útlosun CO_2 og NO_x um eitthvað minna en 10% og þá einungis með vatnsúðun⁵.



Sót í síu (kerfi án hreinsibúnaðar)



Sót í síu (kerfi með vothreinsibúnaði)

Vatnsúðunin fer einnig í efnahvarf við brennisteininn og eyðir honum að mestu leyti. Og að auki minnkar vatnsúðunin einnig útblástur á koldíoxíð (CO_2) og nituroxíð (NO_x) og hefur einnig áhrif á aðrar óæskilegar lofttegundir en í minna mæli.

Nauðsynlegt er að óhreina vatnið fari í gegnum síukerfi búnaðarins þar sem vatnið er hreinsað af þeim efnum sem það fjarlægði úr afgasinu. Þannig er hægt að ná öllum spilliefnum úr vatninu og nýta vatnið í næstu hringrás. Spilliefnunum er síðan fargað á þann hátt sem lög og reglur gera ráð fyrir.

Hreinsun með efnalausn

Til að auka enn á virkni afgashreinsunarinnar er sérstökum efnum blandað í vatnið og er þá um sérstaka efnalausn að ræða. Ferlið er í raun það sama og þegar vothreinsun er beitt en með því að blanda þessum sérstöku efnum í vatnsúðunina í afgashreinsikerfinu má auka til muna hreinsun á koltvíoxíði (CO₂) og nituroxíði (NO_x).

Efnalausnin er í raun vatn blandað kalki og úrefnum (karbamíð eða þvagefni). Er þessum efnum úðað með vatninu á afgasið sem safnast hefur saman í turninum. Kalkið binst koltvíoxíði (CO₂) og það botnfellur sem einskonar sandur og er síðan hreinsað úr turninum í gegnum síunarkerfi búnaðarins. Úrefnið binst nituroxíðinu (NO_x) og breytist að mestu í skaðlaus nitrefni⁶.

Ef efnalausnin er vatn, kalk og úrefni þá má minnka útlosun á brennisteinsefnum um 98% og sótögnum um 90% sem er sami árangur og þegar einungis vatni er úðað. Aftur á móti minnkar útlosun á nituroxíðum (NO_x) um 35% og koltvíoxíði (CO₂) um 25% sem er mjög ásættanleg minnkun á útlosun þessara efna.

Efnin, sem hreinsuð eru úr afgasinu, eru hér einnig síuð frá efnalausninni og meðhöndluð sem spilliefni og fargað í samræmi við það sem lög og reglur segja til um.

Ferill eftirmeðferðar á afgasi

Afgasið frá vélinni kemur inn í hreinsiturn afgashreinsikerfisins. Í hreinsiturninum er vökva úðað á afgasið um leið og það kemur inn í turninn. Þar getur úðaður vökvinn (t.d. vatn) sest á sótagfir og einnig blandast öðrum efnum sem myndast við brennslu eldsneytisins og koma inn í turninn sem afgang. Efnin sem hreinsast úr afgasinu við úðunina setjast á botn hreinsiturnsins ásamt vökvanum þar sem vökvinn og efnin fara áfram í gegnum síukerfi.

Sótagnirnar fara í gegnum sérstaka sótskilju og þaðan í sérstakan sóttank. Hin efnin sitja eftir í síunum sem er skipt út fyrir nýjar síur eftir því sem þörf er á hverju sinni. Síaði vökvinn fer síðan aftur inn í hreinsiturninn þar sem ferlið er endurtekið. Þetta ferli er því kallað afgashreinsun með lokaða hringrás. Út í andrúmsloftið fer síðan hreinsaða afgasið og er það í raun lokaatriði hverrar hringrásar.

Við innkeyrslu á afgasinu inn í afgashreinsikerfið nýtist þrýstingurinn frá vélinni sem keyrir afgasið inn í hreinsiturninn. Við hreinsunina á afgasinu myndast í hreinsiturninum hreinsað afgang og leifar af úthreinsuðum efnum á botni hans. Leifarnar setjast á botn hreinsiturnsins og hreinsaða afgasið leitar upp úr hreinsiturninum sem léttur reykur og einnig með aðstoð þrýstingsins sem upphaflega kom með afgasinu frá vélinni.

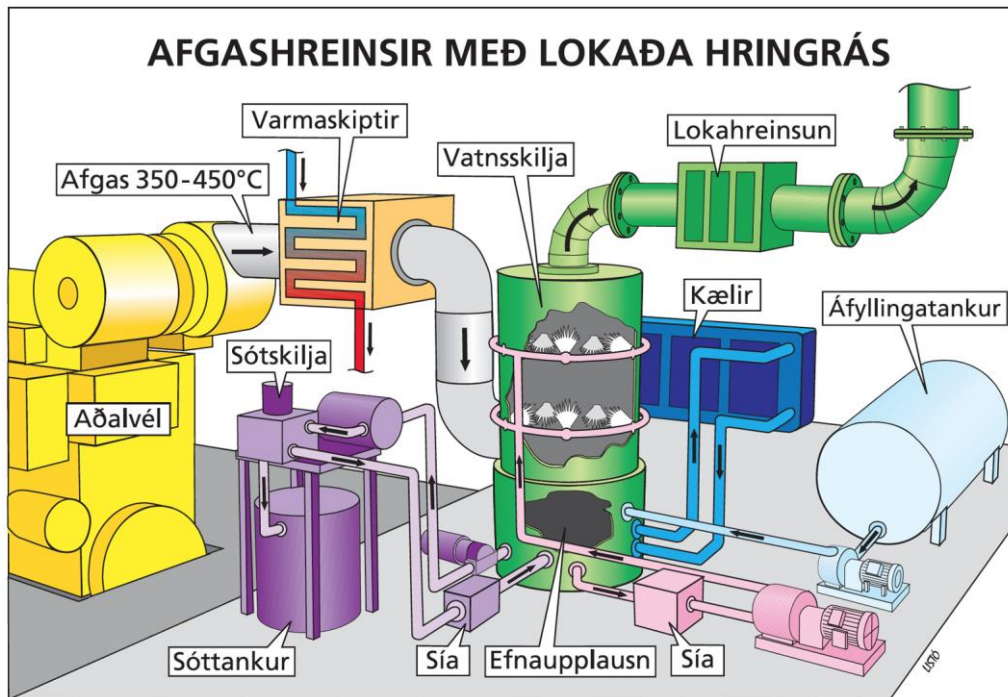
Við hreinsunina skal miða við eldsneytiseyðslu vélarinnar og gerð eldsneytis. Þegar miklu eldsneyti er brennt myndast meira magn af óæskilegum efnum í afgasinu og seigja eldsneytis og innihald brennisteins í því hefur áhrif á afgashreinsiferlið.

Mæla þarf þýstinginn inn í afgashreinsikerfið og einnig hitastigið á afgasinu. Snúningshraði vélar og ef til vill örlítill mótþrýstingur frá vél geta haft áhrif á afgashreinsunina en eru þó ekki á neinn hátt afgerandi. Gæta þarf þess að magn hreinsivökva sé rétt. Hraðinn á afgasinu inn í hreinsiturninn við mismunandi álag skal vera á milli 0,6 til 1,2 m/s. Nauðsynlegt er að úða vatnsmagn á móti innkomnu lofti sé 6 til 10 lítrar á hverja hreinsieiningu eða hverja hringrás. Úðaðir vatnsdropar eru 0,1 til 1,0 mm í þvermál. Taka skal einnig mið af breytilegu álagi vélar hverju sinni.

Ferlana skal aðlaga að því hvernig hreinsibúnaðurinn er hannaður og einnig hvar hann er staðsettur um borð í skipinu. Gæta skal vel að því að ferlarnir séu í samræmi við afl véla og eyðslu þeirra. Ferlar eftirmeðferðar á afgasi geta einnig verið mismunandi hvort um er að ræða eftirmeðferð með vatni eingöngu eða með efnalausn. Eftirmeðferð með efnalausn getur breytt hringrásarkerfinu vegna þess að hreinsunin getur tekið lengri tíma því sú aðferð hreinsar meira af lofttegundum úr afgasinu og einnig getur síunarkerfið verið flóknara. Í heildina, og miðað við það sem hér að ofan hefur komið fram, má fullyrða að ferlar eftirmeðferðar á afgasi séu afar einfaldir.

Búnaður til eftirmeðferðar á afgasi

Búnaður til eftirmeðferðar á afgasi þarf að hafa hreinsiturn með vökvaúðakerfi fyrir vatn eða efnalausn. Afgaslögnin frá vélinni er tengd inn í hreinsiturninn og þá í gegnum varmaskipti svo hægt sé að nýta varmann þar til hitunar á vatni. Varmaskiptirinn nýtist einnig til að kæla afgasið áður en það kemur inn í turninn. Inni í hreinsiturninum er vökvaúðunarkerfi með vatnsskilju þar sem vatni eða efnalausn er úðað á afgasið. Í botni turnsins safnast hreinsunarvökvinn fyrir. Þar er sérstakt rörakerfi fyrir sótskiljuna og önnur efni sem sitja eftir í hreinsivökvanum. Kælir tekur einnig vökvann til sín og kælir hann eftir hreinsunina. Áfyllitankur fyllir vökva á kerfið fyrir þann vökva sem fer út úr kerfinu með hreinsaða afgasinu. Síðustu leifar úr afgasinu eru síðan hreinsaðar í lokahreinsibúnaðinum.



Afgashreinsir með lokaða hringrás er ekki flókin búnaður og honum má koma auðveldlega fyrir í vélarúmum skipa. Spurningin er einungis um fyrirkomulag og hönnun.

Útkoma með afgashreinsun eftirmeðferðar

Þegar einu kg af venjulegum jarðdísil er brennt í skipavél þá myndast um 3,16 til 3,18 kg af koldíoxíði (CO_2) í útblæstrinum. Ef til dæmis 1% af brennisteini (S) er blandað í jarðdísilinn þá myndast 0,02 kg af brennisteinsoxíði (SO_2) í afgasinu eftir brunann á þessu eina kílógrammi af dísilolíu. Miðað við almennt álag á skipavélar má reikna með allt að 0,04 kg af nituroxíði (NO_x) í afgasinu eftir brunann á þessu sama magni jarðdísilolíu. Nituroxíðin eru aðallega NO (90 – 95%) og NO_2 (5 – 10%). Einnig myndast sót frá óbrennanlegri jarðdísilolíu en lítið magn af sóti í afgasi getur verið hættulegt heilsu manna og dýra.

Aðalsamsetning útblásturs frá brennslu af 1 kg dísilolíu er því:

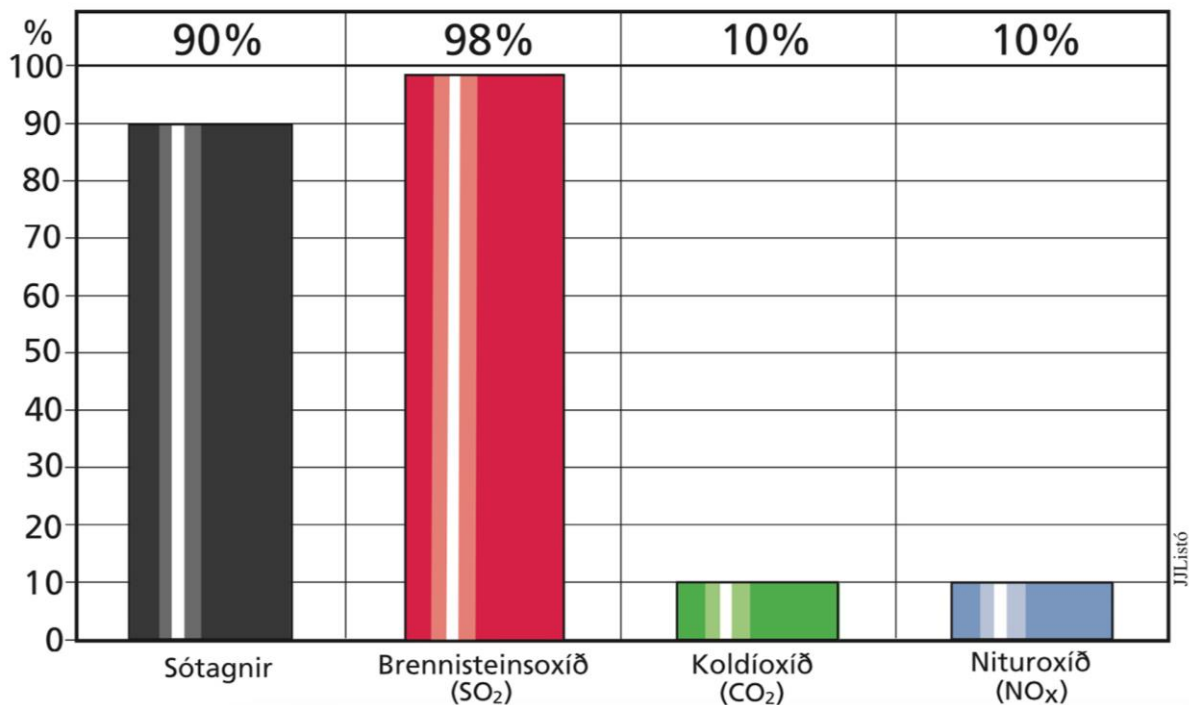
- 3,18 kg CO_2 ,
- 0,02 kg SO_2 (ef 1% S er í olíunni),
- allt að 0,04 kg NO_x gös (NO og NO_2)
- sótagfir (magn fer eftir gerð vélar og seigju jarðdísils)

Með afgashreinsun, þar sem einungis vatni eða sjó er úðað á afgasið, er hlutfallsleg hreinsun efnanna hér að ofan eftirfarandi:

- 90% Sótagfir (PM eða Black Carbon)
- 98% Brennisteinsoxíð (SO_2)
- 10% Koltvíoxíð (CO_2)
- 10% Nituroxíð (NO_x)

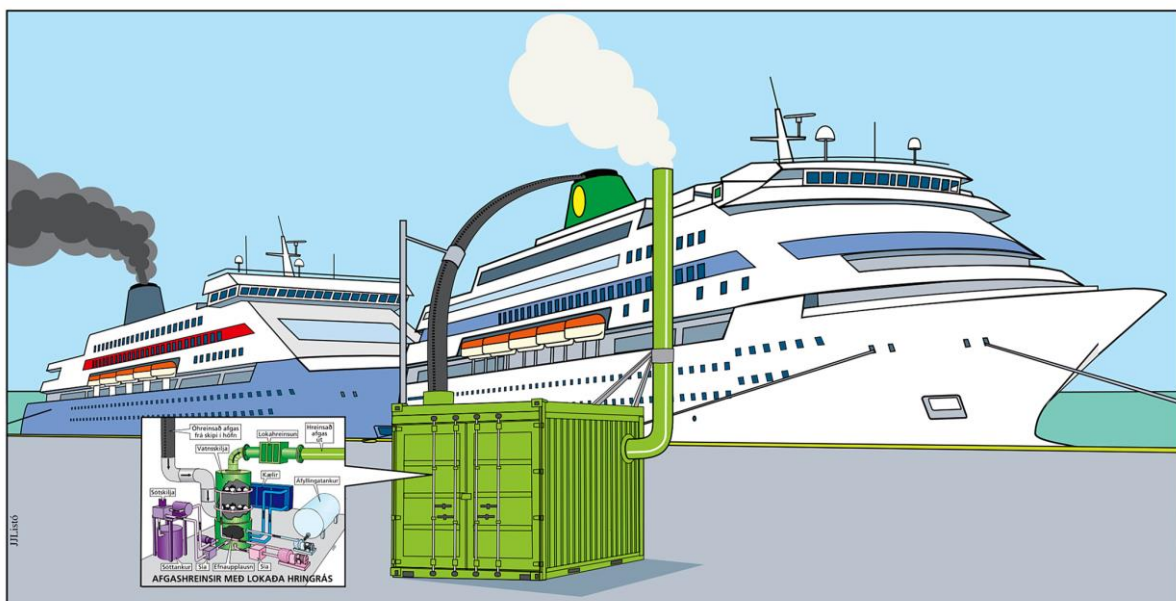
MINNKUN MENGANDI EFNA

Afgashreinsun með vatnsúða eingöngu



Eingöngu vatnsúði hreinsar svo til allt sót og brennisteinsoxíð

Helstu niðurstöður afgashreinsunar með vatnsúðun eingöngu er afar athyglisverðar sökum þess hve mikill hluti brennisteinsoxíðs (SO₂) og sótna hreinsast úr afganginu. Jafnvel hreinsun koldíoxíðs (CO₂) og nituroxíðs (NO_x) er ásættanleg. Hér mætti því skoða að nota flytjanlegan gám með afgashreinsibúnaði vothreinsunar. Frá skorsteini farþegaskips mætti tengja afgasið í barka inn í gáminn þar sem t.d. allar sótagfir hreinsast úr afganginu.



Auðveldlega má hreinsa sótagfir með vatnsúðun eingöngu í þar til gerðum gámi

Hvað varðar umræðu um landtengingu stórra farþegaskipa, sem brenna dísilólú á ljósavélum í höfnum og mynda við það talsvert af sótögnum í afgasi, þá er spurningin hvort ekki mætti setja upp einfaldan vöskunarbúnað við hlið skipsins og leiða afgasið í gegnum búnaðinn. Því má velta fyrir sér hvort ekki sé unnt að draga umtalsvert úr mengunarvandamálum sem fylgja stórum farþegaskipum sem liggja í höfn með dísilknúnar ljósavélar sínar í gangi með því að setja upp einfaldan vöskunarbúnað í gámi við skipshlið og leiða afgasið frá ljósavélunum í gegnum búnaðinn. Þessari lausn mætti að líkindum beita með verulegum árangri þar til innviðir fyrir tengingu við rafveitu í landi eru komnir í það horf að sú leið sé orðin tæknilega og kostnaðarlega ásættanleg fyrir þá aðila sem í hlut eiga.

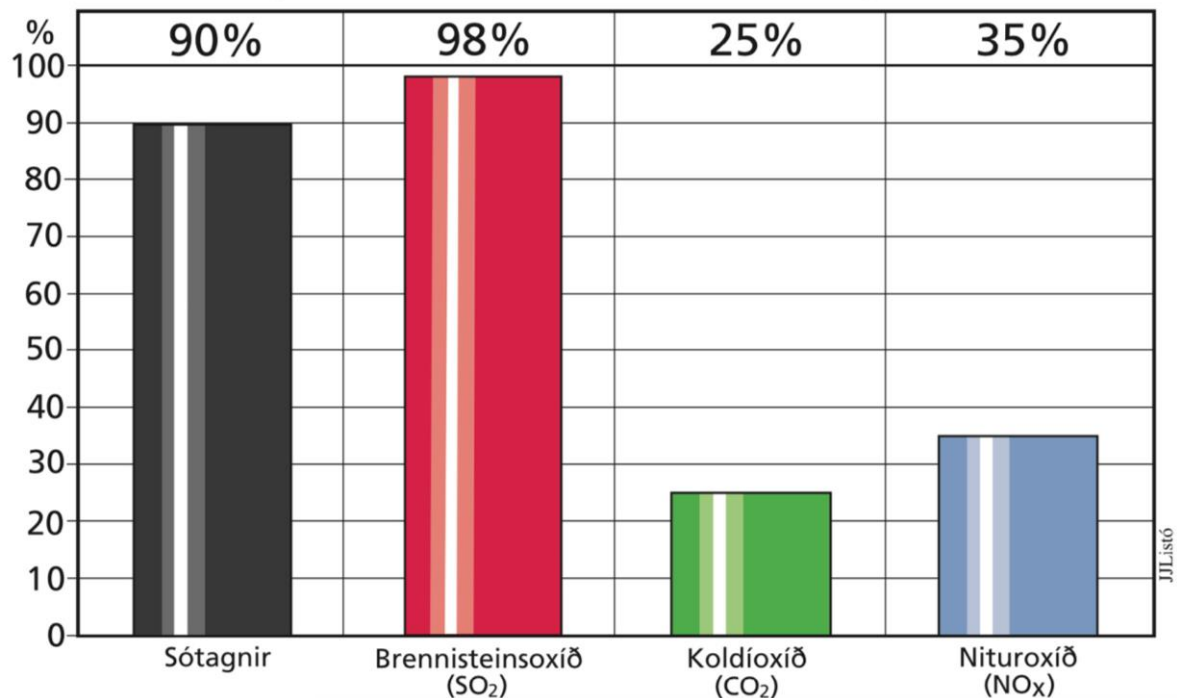
Niðurstöður afgashreinsunar með efnalausn eru árangursríkari hvað varðar koldíoxíð (CO₂) og nituroxíð (NO_x). Hreinsun sótagna og brennisteinsoxíð breytist ekki því hreinsunin nær sama góða hlutfallinu og þegar einungis vatni er úðað á afgasið. Vegna íblöndunar á kalki og úrefnum í vatnið margfaldast hreinsun bæði á koldíoxíði og nituroxíði.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á afgasi með efnalausn er því eftirfarandi:

- 90% Sótagnir (PM eða Black Carbon) (sama og vatnsúðun)
- 98% Brennisteinsoxíð (SO₂) (sama og vatnsúðun)
- 25% Koltvíoxíð (CO₂)
- 35% Nituroxíð (NO_x)

MINNKUN MENGANDI EFNA

Afgashreinsun með vatnsúða, kalki og úrefni



Vatnsúði með íblönduðu kalki og úrefnum eykur verulega hreinsun á CO₂ og NO_x

Eini munurinn á eftirmeðferð á afgasi með vatnsúðun eingöngu og með efnalausn er aukin hreinsun á koldíoxíði og nituroxíði með efnalausninni. En með því að hanna og smíða einfaldan vothreinsibúnað þá er hreinsun sótagna og brennisteinsoxíð tryggð því báðar aðferðir hreinsa sama magn af sóti og brennisteini og það svo til algerlega. Eftirmeðferð á afgashreinsun er hér lausn á þeim vanda sem söt og brennisteinn í útblæstri frá vélum í skipum veldur bæði úti á sjó og í höfnum.

Fyrirmeðferð á afgasi

Vatnsfleyttun (Water in Oil Emulsion) sem fyrirmeðferð á afgasi

Fyrirmeðferð á afgasi er þegar hreinsunin fer fram í sjálfu brunahólfi vélarinnar. Þannig á hreinsunin sér stað áður en hin óæskilegu efni, sem myndast við brunann í vélinni, komast í afgasgreinina sem flytur afgasið út úr henni og síðan áfram út í andrúmsloftið. Ein áhrifamesta aðferðin til að hreinsa þessi efni frá útblæstrinum er vatnsfleyttun (e. Water in Oil Emulsion). Vatnsfleyttunin felst í því að vatni er sprautað í olíuna rétt áður en hún fer inn í brunahólf vélarinnar⁷.

Í brunahólfi vélarinnar getur hitastigið farið upp í allt að 2750°K (2500°C) en einungis í afar skamman tíma í senn. Frá því að náð er 1600°K fer nituroxíð (NO_x) að myndast að nokkru ráði og því lengur sem hitinn í brunahólfinu helst yfir 1600°K því meira myndast af nituroxíði. Þegar vatnið kemur inn í brunahólfið með olíunni hefur það fyrst áhrif þar til kælingar og dregur samtímis úr myndun á nituroxíði (NO_x). Við þann mikla hita sem verður í brunahólfinu við brennsluna á eldsneytinu klopna vatnssameindirnar í súrefni (O) og vetni (H₂). Eftir klofninginn hafa bæði súrefnið og vetnið aukin áhrif á bruna eldsneytisins þannig að sótmengun minnkar til muna. Söt er ekkert annað en óbrennt eldsneyti sem hitinn í brunahólfinu hefur umbreytt í söt.

Áhrif vatnsfleyttunar á myndun sótagna eru því mjög veruleg, en þær meira en helmingast úr afgasinu. Áhrifin á nituroxíð (NO_x) eru og mikil, en hreinsun þess úr afgasinu með vatnsfleyttun er svo til í sama hlutfalli og það magn vatns sem fleytt er inn í brunahólfið. Ef vatnsfleyttun er 20% þá má gera ráð fyrir að nituroxíð (NO_x) hreinsist um 20% úr afgasinu. Einnig hreinsar aðferð vatnsfleyttunar bæði brennisteinsoxíð (SO_x) og koldíoxíð (CO₂) úr afgasinu en í minna mæli.

Þegar vatnið í brunahólfinu er orðið um fimmtungur af eldsneytinu hefur sá möguleiki verið skoðaður að nota sjó í staðinn fyrir hreint vatn til að spara það pláss sem ferskvatnið tekur um borð í skipinu. Við vissar aðstæður hefur það gengið að nota sjó að hluta til í vatnsfleyttunina en saltið í sjónum getur haft tærandi áhrif á slífina og stimpilinn í brunahólfinu. Þess vegna er almennt ekki mælt með því að nota hreinan sjó sem vatnsfleyttun.

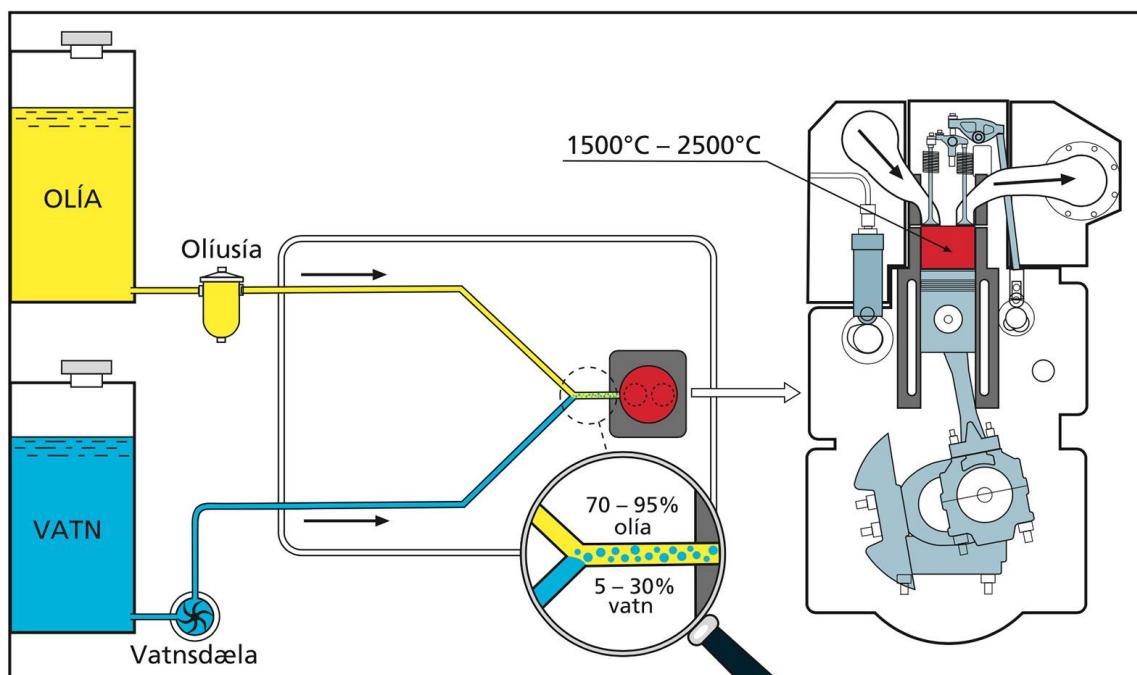
Til að framleiða ferskvatn um borð í skipinu má eima sjó í þar til gerðum búnaði. Á þann máta er hægt að framleiða allt vatnið í vatnsfleytunina eftir þörfum og því ekki nauðsynlegt að vera með sérstaka tanka fyrir fleytunarvatnið um borð í skipinu. Hér ber þó ávallt að leita samþykkis vélarframleiðanda á þeim vökva sem nota á sem vatnsfleytun.

Hin síðari misseri hafa margir vélaframleiðendur vatnsfleytun sem staðalbúnað. Í flestum tilfellum er um að ræða 20% vatnsfleytun. Ef staðalbúnaðurinn er bæði fyrirmeðferð vatnsfleytunar og eftirmeðferð afgashreinsunar þá eykur sá búnaður til muna hreinsun þeirra óæskilegu efna sem til verða við bruna á dísilólíunni⁸.

Aðferðafræði fyrirmeðferðar með vatnsfleytun

Fræðilega séð má fleyta um 50% af vatni í eldsneytisólúna en innsprautukerfi vélarinnar takmarkar oftast fleytinguna við 10 til 20%. Í sumum tilfellum má þó fleyta allt að 40% af vatni með olíunni. Yfirleitt er magn vatnsfleytunar haft í kringum 20% og dropastæðir vatnsins ekki hafðar stærri en 5 µm. Tækjabúnaður sem notaður er við vatnsfleytun er þá sérstaklega stilltur inn á magnið og dropastærðina en rétt og stöðug innspýting á vatninu með olíunni inn í brunahólfið er afar mikilvæg forsenda árangurs af fyrirmeðferð með vatnsfleytun⁹.

Aðferð vatnsfleytunar



Vatninu er blandað í olíuna rétt áður en hún fer inn í brennsluhólf vélarinnar

Vegna þess að vatn og olía blandast illa eða jafnvel ekki þá þarf að fleyta vökvunum saman og á fleytingin sér stað rétt áður en þeir fara inn í brunahólf vélarinnar. Þannig er hægt að ákveða með auðveldum hætti það magn vatns sem fer inn í brennsluhólfið með olíunni. Þessi aðferð er mjög árangursrík og þá sérstaklega vegna þess að engar breytingar þarf að gera á

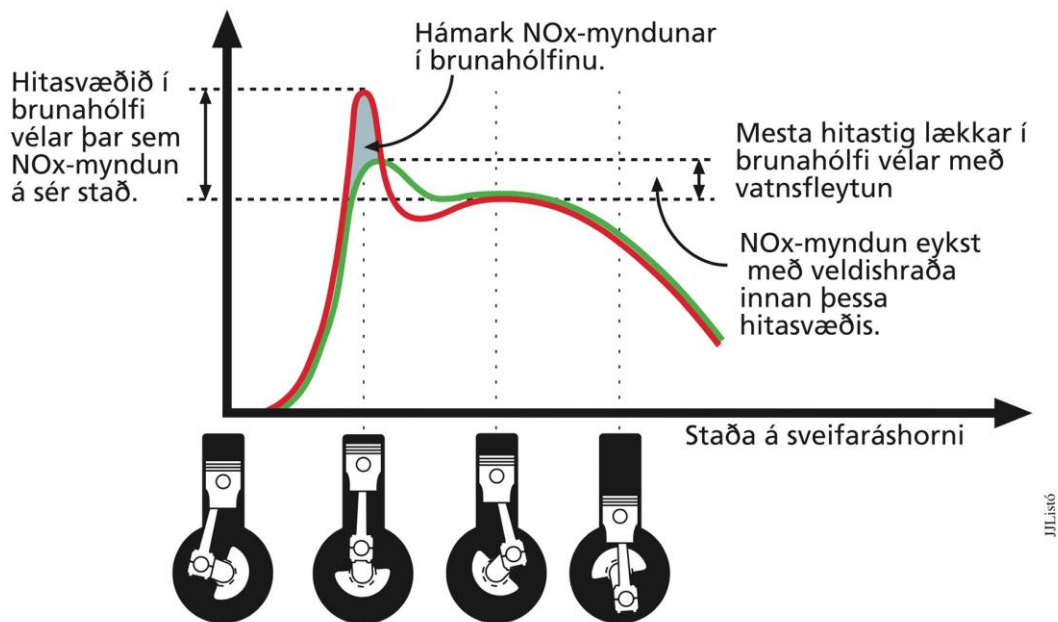
aðalvél skipsins því innsprautunin á vatninu hefur engin neikvæð áhrif á orkugetu né eyðslu vélarinnar¹⁰.

Nauðsynlegt er að síun olíunnar fari fram áður en vökvarnir blandast saman því annars myndi sían fjarlægja vatnið sem nota á í vatnsfleytunina.

Ferill fyrir meðferðar á afgasi með vatnsfleytun

Þegar vatninu er sprautað með eldsneytinu inn í brunahólf vélarinnar lækkar það hitastigið í brunahólfinu vegna þess að vatnsdroparnir draga hitann í sig (e. endothermic reaction). Þessi hitalækkun dregur úr myndun nituroxíðs (NOx) því myndun þess er einungis háð hitastiginu í brennsluhólfinu, og þá sérstaklega hámarks hitastiginu þar meðan brennslan á sér stað.

NOx-myndun í brunahólfi vélar sem hlutfall af brennsluhitastigi



Myndin sýnir hvernig vatnsfleytun hefur áhrif á minni myndun NOx-efna í brunahólfi¹¹.

Þau áhrif sem vatnið hefur til kælingar á hitastiginu inn í brunahólfi vélarinnar standa yfir í mjög stuttan tíma og virka helst þegar hitinn inni í brunahólfinu er sem hæstur. Þetta dugar þó til þess að minnka útlosun á nituroxíði (NOx) í svo til sama mæli og magnhlutfall vatnsins er sem fleytt er inn í brunahólfið.

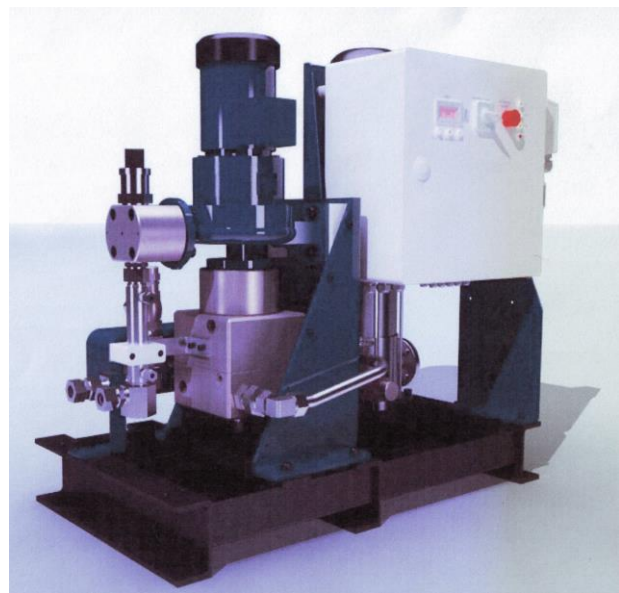
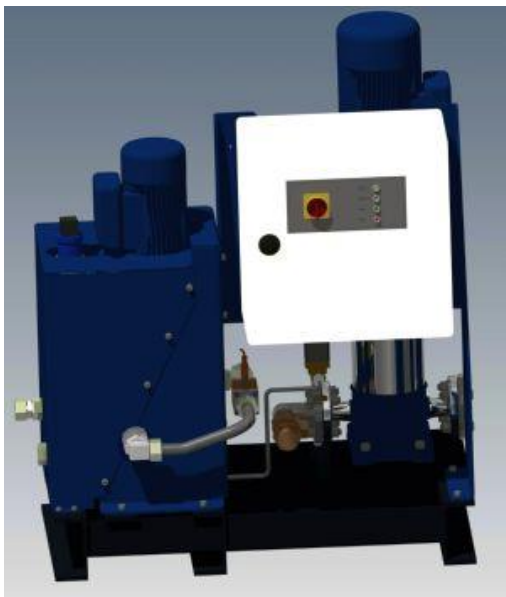
Magn sótagna í afgasinu minnkar talsvert vegna þess að vatnið eykur magn súrefnis (O₂) og vetnis (H₂) í brunahólfinu. Súrefnið og vetnið koma aukalega með vatninu inn í brunahólfið og háa hitastigið þar brýtur í sundur vetnis- og súrefnismólekúlin í vatninu. Þannig eykur og fullkomnar sundraða vatnið brunann í eldsneytinu. Við það brennur eldsneytið betur og meir og sótið, sem er óbrennt eldsneyti, nær ekki að myndast nema að litlu leyti¹².

Ferill fyrirmeðferðar hefur því þau áhrif á útlosunina að nituroxíð (NO_x) minnkar þegar hitinn í brunahólfinu verður lægri í gegnum vatnið í olfunni og súrefnið og vetnið og þá einnig í gegnum vatnið í olfunni en það eykur brennsluna á eldsneytinu og minnkar þar með myndun sótagnanna.

Búnaður til fyrirmeðferðar á afgasi með vatnsfleytnun

Stöðugleiki og virkni fyrirmeðferðar á afgasi ræðst í senn af þeim búnaði sem notaður er við vatnsfleytnunina, vatnsmagninu í fleytnuninni og dropastærð vatnsins. Því er nauðsynlegt að nota réttan búnað við fyrirmeðferðina en í dag eru margir framleiðendur sem bjóða þróuð og ásættanleg kerfi til þess að fleyta vatninu saman með eldsneytinu inn í brunahólf vélarinnar. Þar má ná fram bestu útkomunni gagnvart útlosun hinna óæskilegu efna sem komast annars út í andrúmsloftið með afgasinu frá vélunum.

Búnaður til vatnsfleytnunarinnar þarf ekki að vera umfangsmikill og því ætti að vera hægt að koma honum fyrir í vélarými flestra skipa, þar á meðal eldri skipa. Ætti því oftast að vera vöð á hentugum búnaði ef eigendur skipa kjósa að koma vatnsfleytnunarbúnaði af þessu tagi fyrir í skipum sínum. Kostnaður við kaup og niðurstetningu slíks búnaðar er að mati framleiðenda hans vel viðráðanlegur í flestum tilfellum.



Búnaður til vatnsfleytnunar¹³

Margir vélaframleiðendur hafa hin síðari ár boðið vatnsfleytnun sem staðalbúnað og er búnaðurinn þá hluti af vélasamstæðu skipsins frá upphafi. Flestir vélaframleiðendur bjóða upp á um 20% vatnsfleytnun.

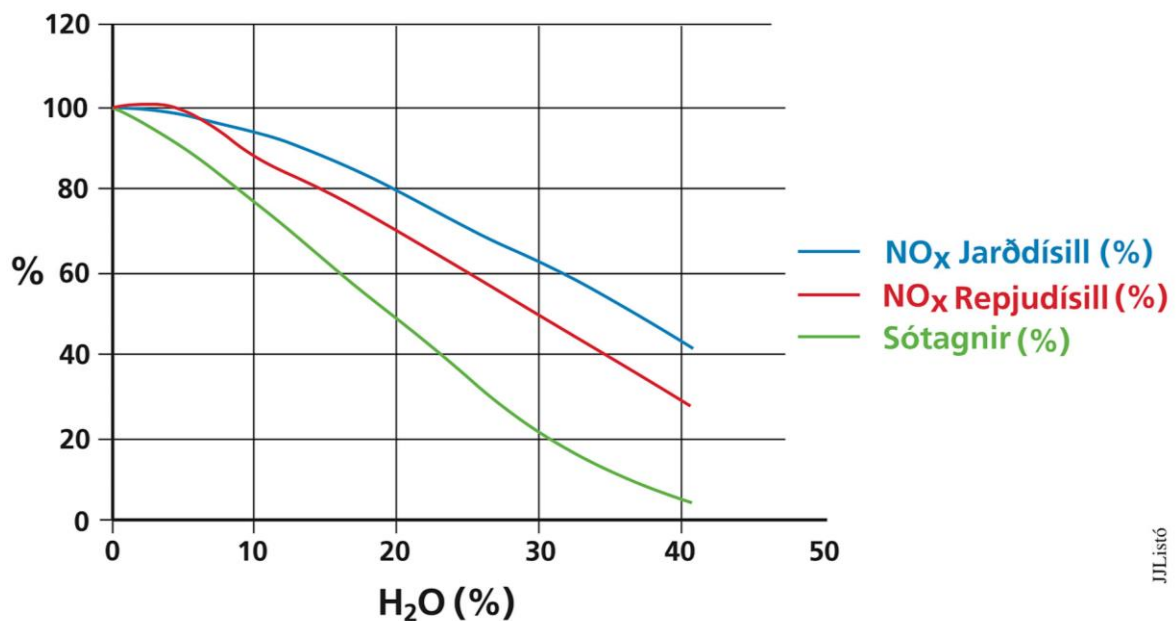
Árangur af vatnsfleytnun sem afgashreinsun fyrirmeðferðar

Árangur af vatnsfleytnun er mjög athyglisverður og þá sérstaklega hvað varðar minnkun á útlosun á nituroxíði (NO_x) og sótögnum. Vatnsfleytnunin fer yfirleitt ekki yfir 40% og er oftast

miðað við 20% af vatni séu í olíunni þegar hún fer inn í brunahólf vélarinnar. Reyndar er minnkunin á útlosuninni tiltölulega línuleg en hefur þó mest áhrif á minnkun útblásturs sótaganna. Að vissu leyti er það gleðiefni því sótagirnir (Black Carbon) á norðurslóðum geta haft mikil og neikvæð áhrif á hið viðkvæma umhverfi sem þar er.

Einnig er athyglivert hversu mikið vatnsfleytunin hreinsar nituroxíð (NO_x) í repjudísil (Canola oil). Við venjulega brennslu á repjudísil eykst magn nituroxíðs í útblæstrinum örlítið vegna þess að repjudísillinn inniheldur um 11% meira súrefni en jarðdísilinn. En lítið vatnsmagn í fleytun, eða í kringum 5%, færir útlosun nituroxíðs niður fyrir það sem myndast við bruna jarðdísils. Enn dregur úr nituroxíðslosun þegar vatnsfleytunin er aukin.

Vegna þess að repjudísill inniheldur ekki sótagirnir í útblæstri og upptaka koldíoxíðs hefur átt sér stað við ræktunina á jurtinni sem olían er unnin úr þá er vatnsfleytunin hentugasta aðferðin til að minnka útblástur óæskilegra efna við brennsluna á repjudísil.



Minnkun útblásturs á nituroxíði (NO_x) og sóti (PM) miðað við aðferðafræði vatnsfleytunar¹⁴

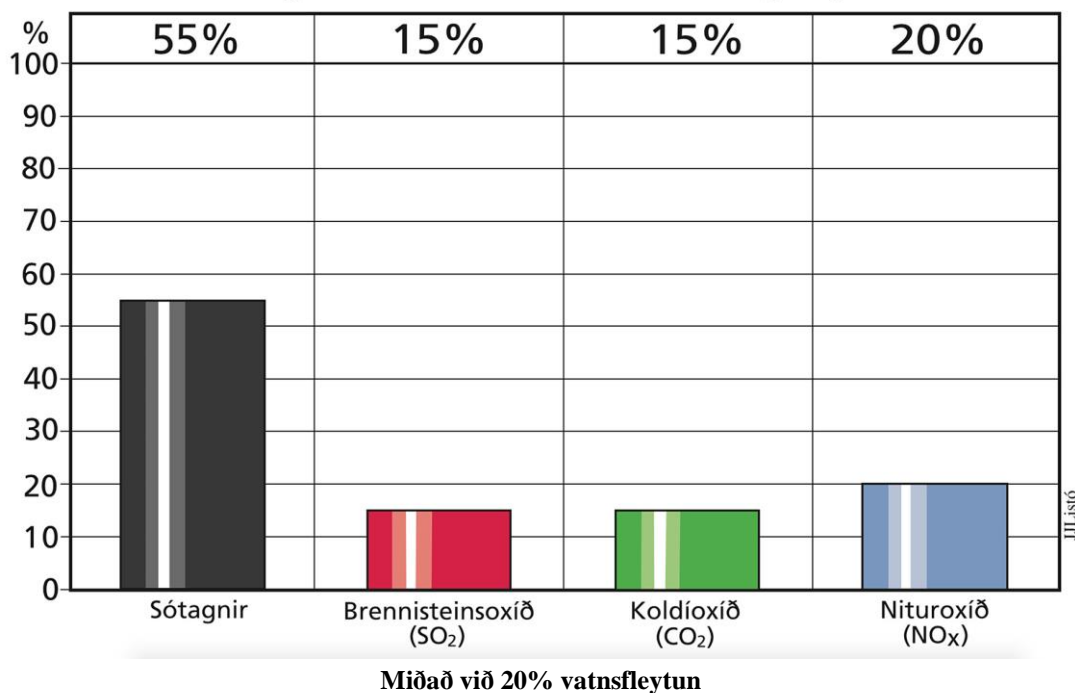
Við 40% vatnsfleytun hverfa sótagirnir svo til úr afganginu en slíkt á sér einnig stað ef eftirmeðferð á afgangi fer einungis fram með vatnsfleytun. Jafnvel þótt vatnsfleytunin sé aðeins um 20% fjarlægir hún verulegt hlutfall sótagna úr afganginu.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á afgangi frá brennslu jarðdísils með afgangshreinsun fyrirmeðferðar og 20% vatnsfleytun er eftirfarandi:

- 55% Sótagirnir (PM eða Black Carbon)
- 15% Brennisteinsoxíð (SO₂)
- 15% Koltvíoxíð (CO₂)
- 20% Nituroxíð (NO_x) (jarðdísill)
- 25% Nituroxíð (NO_x) (repjudísill)

MINNKUN MENGANDI EFNA

Afgashreinsun með 20% vatnsfleytingu



Þannig má segja að 20% vatnsfleytingun samsvari 20% minnkun á útblæstri nituroxíðs (NO_x) sem fer út í andrúmsloftið með afgasinu. Sótagnirnar hverfa mun greiðlegar úr afgasinu.

Aðrar aðferðir við hreinsun á afgasi

Almennt um aðrar aðferðir afgashreinsunar

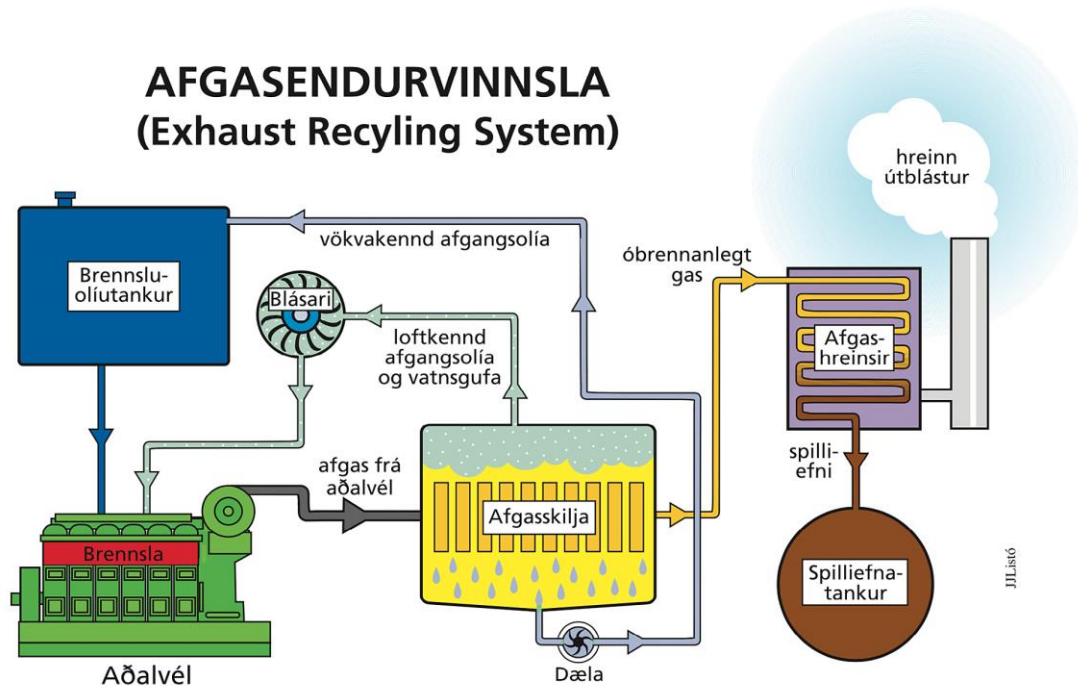
Til eru margar aðrar aðferðir til að hreinsa afgas frá aðalvélum skipa. Sumar þeirra hafa verið í þróun í mörg ár eins og til dæmis afgasendurvinnsla (exhaustgas recycling system) og skolloftskæling (scavenge air moistening).

Að auki eru til eru aðferðir sem eru styttra komnar í þróun og aðrar sem enn eru á tilraunastigi og verður virkilega vert að skoða þær nánar þegar útfærslum þeirra er lokið og framleiðsla fer af stað.

Afgasendurvinnsla

Einnig má nefna aðferð sem felst í því að afgasinu er safnað inn í afgasskilju þar sem óbrennanlegt gas er skilið frá afgasinu og loftkennd og vökvakennd afgangsolía er endurnýtt

með því að soga hana aftur inn í vélina. Aðferðin nefnist afgangsendurvinnsla (Exhaust Gas Recycling System).



Einföld skýringarmynd með afgasskilju og afgashreinsun

Afgasskiljan tekur við afganginu sem annars er blásið beint út um skorstein skipsins. Í afgasskiljunni er afgasið kælt niður og greint í óbrennanlega og brennanlega þætti. Brennanlegu þáttinum er skipt upp í loftkennd og vökvakennd efni (afgangsolía og vatnsgufa). Óbrennanlegi þátturinn fer í afgashreinsinn.

Úr afgasskiljunni er óbrenndri olíu (vökvakennd afgangsolía) í afganginu dælt yfir í brennsluolíutankinn þar sem olían fer aftur inn til brennslu í vélinni.

Vatnsgufa og sótagfir sem óbrennd kolvetnissambönd (loftkennd afgangsolía) eru söguð í gegnum blásarann og þaðan inn í vélina aftur ásamt hreinu fersku lofti. Þannig fer hluti af afganginu aftur og aftur í gegnum brunann í vélinni. Vatnsgufan getur í þessu tilfelli nýst sem vatnsfleyttun (Water in Fuel Emulsion). Þannig getur afgangsendurvinnsluferfið unnið bæði sem fyrirmeðferð og sem eftirmeðferð á afgasi í sameiginlegu ferli.

Afgasskiljan er einnig notuð til að losa óbrennanlegt gas inn í afgashreinsi sem skilur spilliefnin frá áður en afgasið fer út í andrúmsloftið sem hreinn útblástur. Spilliefnunum er síðan fargað á þann hátt sem lög og reglur gera ráð fyrir. Hér er um að ræða töluverða minnkun á eitruðum lofttegundum sem annars fara beint út í andrúmsloftið eftir bruna í strokki aðalvélar skipsins.

Skolloftskæling

Skolloftskæling (Scavenge air moistening – SAM) virkar þannig að inntaksloftið fyrir vélina er kælt niður til að lækka hitann í brunahólfinu. Kæling skolloftsins á sér þannig stað að rakinn í loftinu er aukinn með sjókælingu áður en loftið fer inn í brunahólf vélarinnar. Við það lækkar hitastigið í brunahólfinu og þá minnkar myndun á nituroxíði (NO_x). Rannsóknir hafa sýnt að nituroxíð (NO_x) getur minnkað um allt að 50% með aukinni skolloftskælingu. Það er afar merkileg niðurstaða vegna þess að aðferð skolloftskælingar er í raun afar einföld og auðvelt að koma henni fyrir. Reyndar hefur þessi aðferð svo til eingöngu áhrif á minnkun útlosunar á nituroxíði (NO_x)¹⁵.

Fleiri áhugaverðar aðferðir afgashreinsunar

Aðrar aðferðir sem verið er að prófa fyrir skip eru til dæmis:

- Plasma; sem aðallega felur í sér minnkun á nituroxíði (NO_x). Plasma-aðferðin er tiltölulega þróuð og vel útfærð.
- Skiljari (separator); þar sem sótagfir eru síaðar út úr afganginu með miðflóttaskilju.
- Aðferð hvarfakúta (catalyst); þar sem afgang á útleið fer í gegnum hvarfakút.
- Frásog (Adsorption); þar sem sótagfir eru sogaðar úr afganginu áður en það kemst út í andrúmsloftið.
- Ýmsar aðferðir efnahreinsunar (chemical processes) sem eru misjafnlega langt komnar í útfærslu.

Flestar þessara aðferða eru tillögulega nýjar af nálinni og eiga eflaust eftir að taka töluverðum breytingum með aukinni þróun og rannsóknum.

Að auki má nefna rafsíur fyrir smærri sótagfir. Rafsíurnar geta náð allt að 99% agnanna úr afganginu en rafsíur eru mjög plássfrekar og dýrar í framleiðslu. Fram til þessa hefur vatnsúðun verið einfaldari og ódýrari lausn til að hreinsa sótagfir.

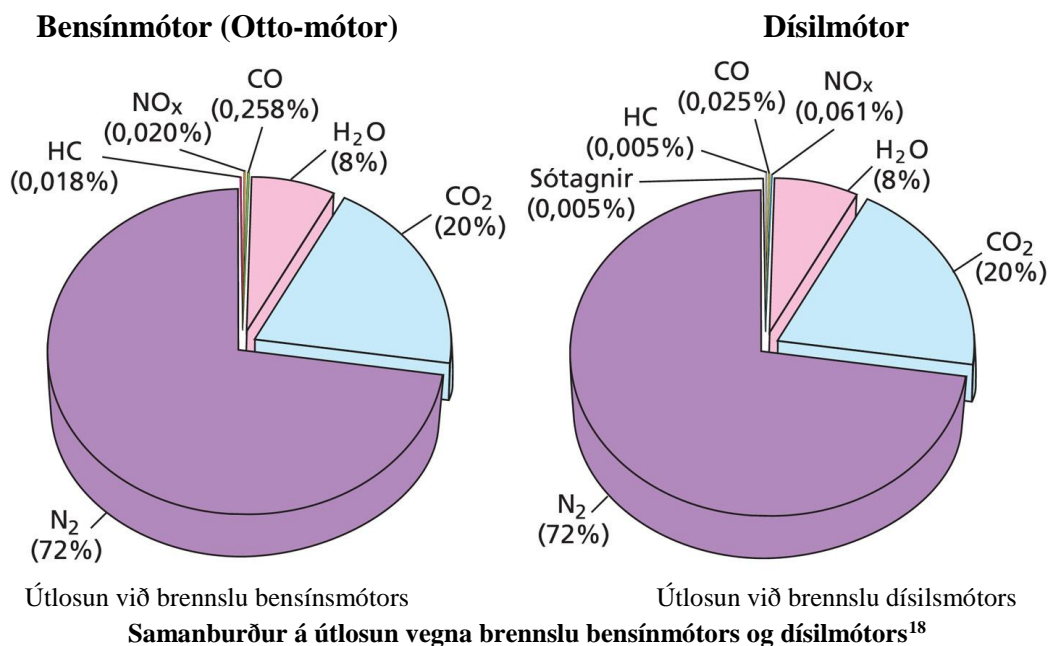
Margar fleiri áhugaverðar og einfaldar aðferðir til að hreinsa óhreinindi og óæskilegar lofttegundir úr afgangi skipavéla hafa verið að koma fram hin síðari ár. Einföldustu aðferðirnar byggja á að setja lítið magn af íblöndunarefni í eldsneytið og við brunann hvarfast blöndunarefnið við koldíoxíð (CO₂) og nituroxíð (NO_x) þannig að útblástur þessara efna minnkar. Flest þessara íblöndunarefna eiga einnig að bæta bruna eldsneytisins þannig að minna verður um útblástur sótagfira¹⁶. Hér er samt um mjög áhugverða aðferðafræði að ræða og þá sérstaklega ef takast mætti að minnka óæskilega útlosun frá skipavélum með þróuðum íblöndunarefnum¹⁷. Kannski að einfaldasta íblöndunarefnið í framtíðinni verði einfaldlega vatn (H₂O) ef einhvern tíma muni takast að blanda það varanlega í olíuna.

Hreinsun óæskilegra efna og lofttegunda úr afgasi

Almennt um hreinsun óæskilegra efna og lofttegunda

Útblástur dísilvélar inniheldur sót (PM), óbrennt kolvetni (HC), nituroxíð (NO_x), brennisteinsoxíð (SO_x), koldíoxíð (CO₂), kolmónoxíð (CO), nitur (N₂), vatnsgufu (H₂O) og ónotað súrefni og argon ásamt fáeinum öðrum snefilefnum. Í útblæstri bensínvélar má finna sömu efni en í mismunandi magni. Í bensínvél eru sótagrir mjög fínar og eitraða lofttegundin kolmónoxíð (CO) er þar í tíu-sinum meira magni en í dísilvélinni. Aftur á móti er nituroxíðið (NO_x) þrisvar sinnum meira í dísilvélinni. Óbrennda kolvetnið (HC) er síðan tæplega fjórum sinnum meira í bensínvélinni en í dísilvélinni.

Bæði með tilliti til orkugetu og orkunýtingar er dísilmotorinn talsvert sparneytnari en bensínmotorinn og notar því minna magn af eldsneyti og myndar þar af leiðandi minni útblástur þegar miðað er við færslu á einingu. Vegna þessara kosta dísilmotorsins er hann svo til eingöngu notaður í allar stærðir skipa.



Leyfileg lágmarksgildi efna í útlosun dísilvéla eru mismunandi í hverju landi fyrir sig. Helst hafa reglur um lágmarksgildin verið settar gagnvart umferð á landi. Sem dæmi um slík lágmarksgildi fyrir nituroxíð (NO_x) og koldíoxíð (CO₂) má bera saman Bandaríkin (USA) og lönd Evrópusambandsins. Bandaríkin eru með mun stífari reglur um útlosun á nituroxíði (NO_x) en Evrópusambandið sem leggur aftur á móti meiri áherslu á minnkun á útlosun á koldíoxíði (CO₂) en nituroxíði (NO_x). Í USA eru lágmarksgildi fyrir nituroxíðin 43 milligrömm á hvern km (70 milligrömm á hverja mílu) en í Evrópusambandinu eru lágmarksgildin 80 milligrömm á hvern km eða 86% hærra. Hvað koldíoxíðið varðar þá eru lágmarksgildin í Evrópusambandinu 130 grömm á hvern km í dag og frá og með árinu 2020

lækka gildin í 95 grömm á hvern km. Í Bandaríkjunum eru þessi lágmarksgildi núna 165 grömm á hvern km og ekki hefur verið tekin ákvörðun um að lækka þau lágmarksgildi á næstu árum. Hér eru leyfileg lágmarksgildi koldíoxíðs í útblæstri tæpum 20% hærri í Bandaríkjunum en í Evrópusambandinu. Miðað við áframhaldandi óbreytt lágmarksgildi á koldíoxíði (CO₂) í Bandaríkjunum verður það um 75% hærri árið 2020 en í löndum Evrópusambandsins. Hér er átt við samanburð um lágmarksgildi í umferð á landi¹⁹.

Takmörkun á útlosun fyrir skip í sjósiglingum á við um nituroxíðin (NO_x) og brennisteinsgildin (SO_x): Þar hefur Alþjóðasiglingamálastofnunin (IMO) komið fram með lágmarksgildi fyrir nituroxíðin (NO_x) sem kölluð eru Tier I, Tier II og Tier III. Hér er miðað við snúningshraða véla en ekki afl þeirra.

Tier	Smíði skips, dagsetning	Lágmarks útlosun á nituroxíði (NO _x) sem grömm á (kWh)		
		n < 130 rpm	n = 130 til 1999 rpm	n ≥ 2000 rpm
I	1. janúar 2000	17,0	$45 \cdot n^{(-0,2)}$	9,8
II	1. janúar 2011	14,4	$44 \cdot n^{(-0,23)}$	7,7
III	1. janúar 2016	3,4	$9 \cdot n^{(-0,2)}$	2,0

IMO reglur um útblástur nituroxíða (NO_x)²⁰

Hvað brennisteinsefnin (SO_x) varðar þá hefur IMO sett reglur um leyfilegt magn þeirra í því eldsneyti sem skipavélar brenna. Reglurnar eru að finna í VI. viðauka í MARPOL (MARine POLution) um hafsvæði þar sem losun brennisteinsefna er takmörkuð (*SECA – Sulphur Emission Control Area*). Þar er leyfilegt hámark brennisteins í eldsneyti 0,1% frá byrjun árs 2015. Fyrir önnur svæði er hámarkið 3,5% til ársins 2020 og eftir það 0,5% hámark fyrir innihald brennisteins í eldsneyti. Ísland er aðili að VI viðauka MARPOL.

Leyfilegt magn brennissteinsoxíð (SO _x) í dísileldsneyti		
Dagsetning	SO _x á ECA svæði	SO _x á heimsvísu
2005	1,5%	4,5%
2010.07	1,0%	
2012		3,5%
2015	0,1%	
2020*		0,5%

IMO reglur um útblástur brennissteinsoxíða (SO_x). *Ártal ákveðið nánar árið 2018.

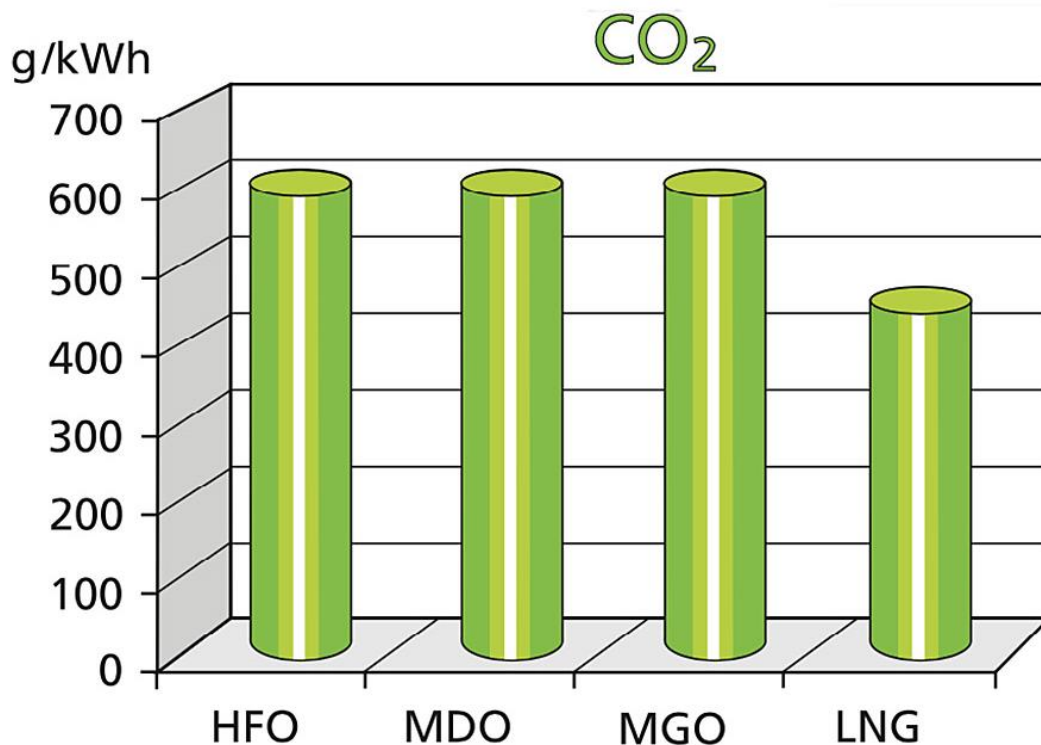
Aðalsamsetning útblásturs frá brennslu af 1 kg dísilólíu er:

- 3,18 kg af koldíoxíð (CO₂)
- 0,02 kg brennisteinsoxíð (SO₂) ef 1% brennisteinn (S) er í olíunni
- allt að 0,04 kg nituroxíð (NO_x) sem niturmonoxíð (NO) og niturdíoxíð (NO₂)
- magn á sóti fer eftir gerð eldsneytis og sérstaklega seigju þess.

Hreinsun á koldíoxíði (CO₂)

Magn koldíoxíðs (CO₂) í útblæstri véla er í beinu samhengi við það magn jarðeldsneytis sem brennt er í brunahólfi hennar. Það þýðir að minni eyðsla vélar gerir minni útblástur á koldíoxíði. Til að minnka eyðsluna er yfirleitt brunahitinn aukinn með auknum þrýstingi í

brunahólfinu. Þar fer hitastigið frá um 650°C í um 2500°C við 175 bar þrýsting. Þetta aukna hitastig og þrýstingur gerir það að verkum að nýtni eldsneytisins er mun betra og því minni eyðsla með minni útblæstri af koldíoxíði (CO₂)²¹.



Samanburður á losun koldíoxíðs (CO₂) við brennslu á jarðeldsneyti²²

Jarðefnadísill, eins og svartolía (HFO), skipadísilolía (MDO) og skipagasolía (MGO) útlosa svo til sama magn af koldíoxíð (CO₂) miðað við bruna þess. Jarðefnagas sem hefur verið kælt niður fyrir mínus 162°C (LNG), og við það orðið fljótandi ásamt því að minnka rúmmál sitt um 1:600, losar um 10% minna af koldíoxíð en hin jarðefnaeldsneytin. Þó er orkugeta LNG um 65% af orkugetu hinna efnanna þannig að í heildina útlosa þessi jarðefnaeldsneyti svo til sama magn koldíoxíðs þegar á allt er litið.

Besta aðferðin við hreinsun á koldíoxíði (CO₂) er með eftirmeðferð á afgasi. Hér er afgasið vaskað með efnalausn þar sem frekar litlu magni af kalki (CaO) hefur verið blandað í vöskunarvökvann. Slík hreinsun getur gefið allt að 25% hreinsun af koldíoxíði (CO₂) úr afgasinu.

Magnið á íblönduðu kalki fer hér eftir vélargerð og einnig seigju eldsneytisins. Förgun þess er einföld því efnið sem kalkið og koldíoxíð mynda er líkast sandi og er það síað úr vöskunarvökvanum og fargað í samræmi við það sem lög og reglur kveða á um.

Til lengri tíma litið er áhugaverðasta leiðin að binda koldíoxíð (CO₂) með vetni. Vetnið yrði framleitt með rafgreiningu og í framhaldinu blandað í koldíoxíðið. Útkoman væri metanól sem auðvelt er að nota til brennslu á öðrum tækjum en vélbúnaði skipsins. Brennsluvarmi dísilolíu er 41,9 MJ/kg en metanóls 22,7 MJ/kg sem er rétt um helmingur orkugetunnar. Yrði

Þessi leið einhvern tíma í framtíðinni valin yrði lítil efnaverksmiðja að vera um borð í skipinu sem framleiddi vetnið og einnig metanólið. Þessari aðferð er beitt í dag við metanólframleiðslu hjá íslenska fyrirtækinu „Carbon Recycling International“²³.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á koldíoxíði (CO_2) í afgasi frá brennslu jarðdísils með afgashreinsun eftir- og fyrirmeðferðar er eftirfarandi:

- 10% Aðeins vatnshreinsun (Scrubber) eftirmeðferðar
- 25% Vatnshreinsun eftirmeðferðar með kalki og úrefni
- 15% Aðeins vatnsfleyting (20% vatn) fyrirmeðferðar
- 35% Eftir- og fyrirmeðferð (vatnshreinsun (kalk og úrefni) og 20% vatnsfleyting)

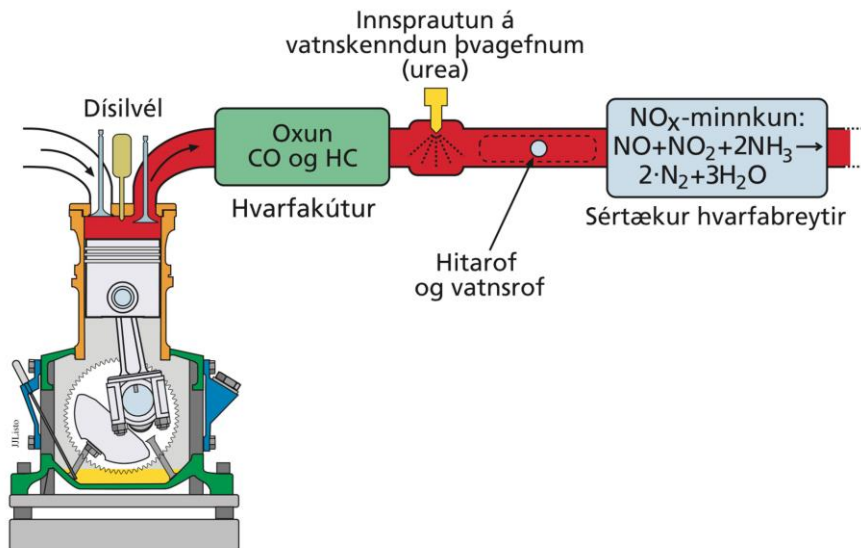
Hreinsun á nituroxíði (NO_x)

Nituroxíð (NO_x) myndast í brennsluhólfi vélarinnar við þann háa hita sem brennslan myndar þar en myndun þess er óháð gerð þess eldsneytis sem brennt er. Miðað er við að hitastigið í brunahólfi vélar geti farið vel yfir 2000°K eða kringum 1760°C . Frá og með því hitastigi er mesta myndun á nituroxíði (NO_x) í brunahólfinu. Þessi mikli hiti ásamt auknum þrýstingi og meira loftmagni er aðallega til þess hugsaður að minnka magn koldíoxíð (CO_2) í útblæstri vélarinnar sem aftur á móti eykur við það magn nituroxíðs (NO_x) í útblæstrinum²⁴.

Í brennsluhólfi vélarinnar hvarfast nitur loftsins við súrefni í annars vegar niturmónoxíð (NO) og hins vegar niturdíoxíð (NO_2). Efnasambandið nituroxíð (NO_x) er því samheiti fyrir annars vegar niturmónoxíð (NO) og hins vegar niturdíoxíð (NO_2). Að magni til er niturmónoxíð (NO) 90 til 95% og 5 til 10% eru hlutfall niturdíoxíð (NO_2)²⁵.

Niturmónoxíð (NO) er litlaust og lyktarlaust gas sem getur orsakað lömum og blóðeitrun í líkama manna og dýra. Niturdíoxíð (NO_2) er aftur á móti rauðbrúnt og illa lyktandi gas sem getur haft neikvæð áhrif á öndunarveginn. Einnig hefur það áhrif á súrnun sjávar en mun þó almennt hafa jákvæð áhrif á vaxtarhraða plantna.

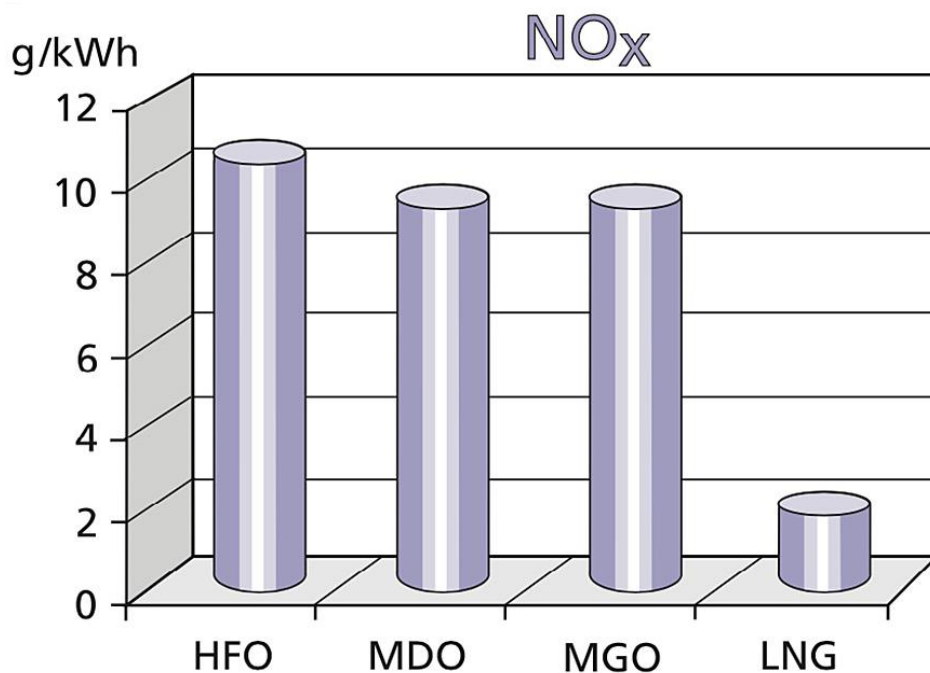
Nituroxíð (NO_x) - gösin eru yfirleitt erfið viðfangs til hreinsunar en þau má leysa upp í sjó eða vatni. Reynt er að breyta öllum niturmónoxíðum (NO) í niturdíoxíð (NO_2) því það leysist upp í vatni. Niturmónoxíð (NO) leysist aftur á móti illa í vatni og þeim mun verr sem vatnið er heitara. Báðum þessum efnum má breyta í lofttegundina nitur og vatnsgufu með hjálp hvata og kemískra efna eins og ammoníaks (NH_3) eða þvagefna (urea) eða oxa þau áfram í nítrat og vinna síðan úr vatnslausninni köfnunarefnisáburð. Einnig er hægt að breyta niturmónoxíði (NO) í niturdíoxíð (NO_2) með óson-gasi (O_3) og í framhaldinu að nota til þess sérstakan hvarfakút sem síðan breytir niturdíoxíðinu (NO_2) í köfnunarefni (N_2) og súrefni (O_2). Þá er hringrásinni lokið og nituroxíðið (NO_x) orðið að sínum uppruna og eins og það fór upphaflega inn í brennsluhólf vélarinnar²⁶.



Myndin sýnir aðferð við að þrepahreinsa nituroxíð (NO_x) úr afgasi skipavélar²⁷

Við sumar aðstæður er settur upp hreinsibúnaður sem einungis er hugsaður til hreinsunar á nituroxíði (NO_x). Slíkur hreinsibúnaður er oft kallaður þrepahreinsun fyrir nituroxíð (NO_x) og er þessi hreinsibúnaður oftast notaður á skip sem sigla á ám og vötnum eða nálægt byggðu bóli. Einnig mætti hugsa sér slíkan búnað á stærri tæki sem keyra á landi eins og jámbrautarlestir, dráttarvélar og stærri vöru- og flutningabíla.

Þótt þessi hreinsibúnaður sé sérstaklega hugsaður til afgashreinsunar á nituroxíði þá hreinsast í honum einnig töluvert af sótögnum (PM) og brennisteinsoxíði (SO_x) sem og einnig eitthvað af kolmónoxíði (CO). Aftur á móti er hér mun minni hreinsun á koldíoxíði (CO₂) en almennt gerist í hreinsibúnaði eftir- og fyrirmeðferðar.



Samanburður á losun nituroxíðs (NO_x) við brennslu á jarðeldsneyti²⁸

Jarðefnadísill eins og svartolía (HFO), skipadísilolía (MDO) og skipagasolía (MGO) útlosa svo til sama magn af nituroxíði (NO_x) við brennslu eða í kringum 9 til 10 g/kWh. Í flestum tilfellum er það um 0,04 kg miðað við hvert kg jarðdísilolíu sem brennd er. Aftur á móti er útlosun LNG á nituroxíði mun minni eða undir 2 g/kWh sem gert hefur LNG að áhugaverðum valkosti gagnvart eldsneyti þar sem útlosun á nituroxíð (NO_x) er töluvert minni en hjá jarðefna- og repjudísil. Jafnvel þótt LNG hafi mun minni orkugetu en hefðbundinn jarðdísill þá má engu að síður líta hér á LNG sem áhugaverðan kost sem útskiptielsneyti því svo til engar breytingar þarf að gera á dísilvélum ef keyra á þær á LNG-eldsneyti.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á nituroxíði (NO_x) í afgasi frá brennslu jarðdísils með afgashreinsun eftir- og fyrirmeðferðar er eftirfarandi:

- 10% Aðeins vatnshreinsun (Scrubber) eftirmeðferðar
- 35% Vatnshreinsun eftirmeðferðar með kalki og úrefni
- 20% Aðeins vatnsfleyting (20% vatn) fyrirmeðferðar
- 50% Eftir- og fyrirmeðferð (vatnshreinsun (kalk og úrefni) og 20% vatnsfleyting)

Hreinsun á brennisteinsoxíði (SO_x)

Efnasambandið brennisteinsoxíð (SO_x) er hér samheiti fyrir efnasambönd brennisteins og súrefnis. Langstærsti hluti þess er brennisteinsdíoxíð (SO₂) og má því setja þessi efnasambönd sem eitt og hið sama. Brennisteinsdíoxíð (SO₂) er litlaus lofttegund sem byrjar að lykta við vissan styrk þess í andrúmloftinu.

Í jarðefnadísil er að finna brennistein (S) en í mismiklu magni. Áherslur og kvaðir eru nú lagðar á eldsneytisframleiðendur að fjarlægja helst allan brennisteininn úr dísilolíunni vegna þess að við brunann á jarðdísil, sem inniheldur brennistein, skilar afgasið brennisteinsoxíði (SO_x) út í andrúmsloftið. Í framhaldinu hefur hið alþjóðlega umhverfi sett reglur um nokkur hafsvæði (*SECA - Sulphur Emission Control Area*) þar sem losun brennisteinsoxíða (SO_x) er takmörkuð við leyfilegt innihald brennisteins í eldsneytinu. Hámark brennisteins í eldsneytinu má þá ekki fara yfir 0,1%. Fyrir önnur hafsvæði er hámark brennisteins í eldsneyti 3,5% en verður eftir árið 2020 mest 0,5%.

Allt jarðefnaeldsneyti inniheldur brennistein (S) og er magn hans háð uppruna og tegund eldsneytisins. Við brunann í vélinni oxast brennisteinninn (S) í olíunni fullkomlega í brennisteinsdíoxíð (SO₂) en það leysist auðveldlega í sjó eða vatni. Við 20°C leysast til dæmis 40 hlutar brennisteinsdíoxíðs (SO₂) í einum hluta vatns. Þetta verður síðan að súlfati (SO₄) sem þarf að sía úr afgasinu því annars endar það í sjónum sem súrt regn.

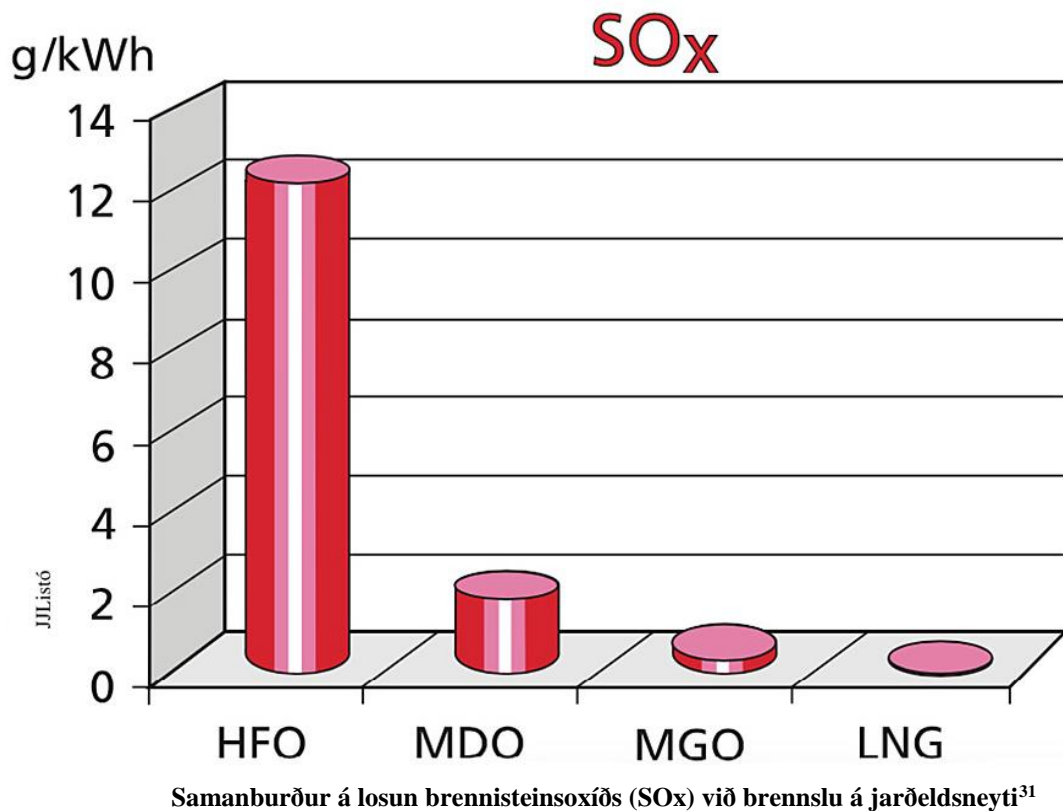
Langáhrifamesta leiðin til að fjarlægja brennisteinsdíoxíð er eftirmeðferð á afgasi og það með vatnsvöskun eingöngu. Nýtni hreinsunarinnar hér er um 90 – 99% við slíka vöskun. Því má gera ráð fyrir yfir 90% hreinsun með tiltölulega einföldun úðadísu og dropafangara. Úr vatnslauninni mætti vinna súlfatið yfir í áburðarefnið ammoníumsúlfat ((NH₄)₂SO₄)²⁹.

En besta leiðin til að minnka útlosun brennisteinsdíoxíð (SO_2) í afgasi véla er auðvitað að taka brennisteininn úr olíunni á framleiðslustað.

En það eru fleiri uppsprettur á brennisteinsoxíði (SO_x) en í eldsneyti skipa. Er hér sérstaklega átt við eldgos þar sem allt að 450 kg af brennisteinsdíoxíði (SO_2) geta streymt út á hverri sekúndu. Það gerir um 40 þúsund tonn á dag.

Til dæmis losar álver um 16 tonn af brennisteinsdíoxíði (SO_2) á dag og Evrópusambandið losar í heildina daglega 14 þúsund tonn á dag³⁰.

Það eru því margir aðrir þættir sem orsaka magn brennisteinsdíoxíð (SO_2) í andrúmsloftið en útblástur frá skipavélum. Þar má þó hreinsa brennisteinsdíoxíðið úr afgasinu á einfaldan hátt með einungis vatnshreinsun eftirmeðferðar á afgasinu.



Útlosun brennisteinsoxíðs (SO_x) í jarðefnaeldsneyti fer eftir því magni brennisteins (S) sem er í eldsneytinu sjálfu. Svo til alltaf er það svartolía (HFO) sem inniheldur mest af brennisteini í eldsneyti sem samsvarar hér um 12 g/kWh af brennisteinsoxíði (SO_x). Skipadísilolía (MDO) og skipagasolía (MGO) losar mun minna magn en svartolían og LNG losar svo til ekki neitt brennisteinsoxíð (SO_x).

Ef jarðdísillinn inniheldur um 1% af brennisteini í eldsneytinu þá losar hann um 0,02 kg af brennisteinsdíoxíði (SO_2) við það að brenna 1 kg af eldsneytinu. Í dag má

brennisteinsinnihald í jarðdísil ekki fara yfir 0,1% á SECA-svæðunum sem þýðir 0,002 kg af brennisteinsdíoxíð (SO_2) miðað við brennslu á einu kg af dísilólíu. Ef miðað er við hafsvæði á heimsvísu þá er þar leyfilegt magn brennisteins í dísilólíu 3,5% þar sem útlosunin myndi gera 0,07 kg af brennisteinsdíoxíði (SO_2). Í framtíðinni verður leyfilegt hámark brennisteins í dísilólíu utan SECA-svæðanna 0,5% eða 0,01 kg af brennisteinsdíoxíði (SO_2) og þá miðað við brennslu á einu kg af dísilólíu.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á brennisteinsoxíði (SO_x) í afgasi frá brennslu jarðdísils með afgashreinsun eftir- og fyrirmeðferðar er eftirfarandi:

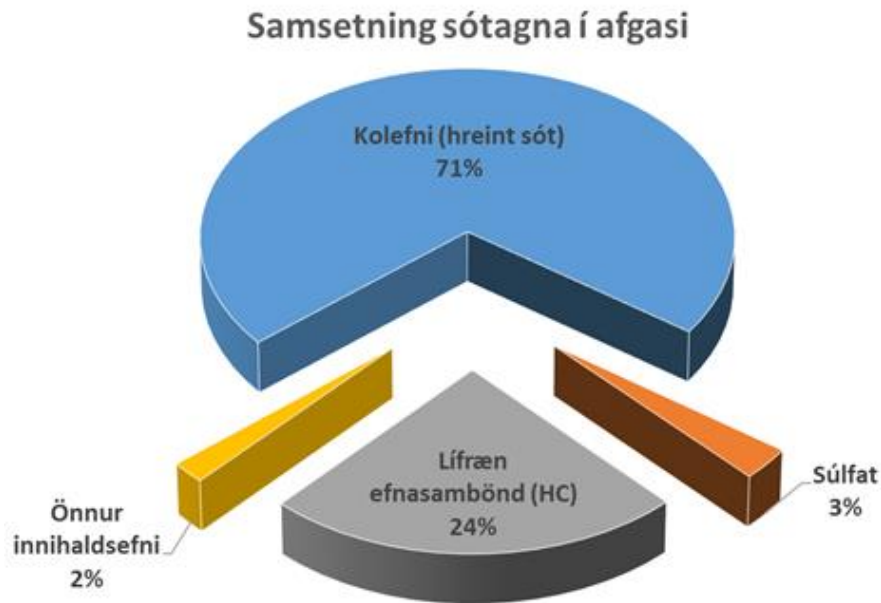
- 98% Aðeins vatnshreinsun (Scrubber) eftirmeðferðar
- 98% Vatnshreinsun eftirmeðferðar með kalki og úrefni
- 15% Aðeins vatnsfleyting (20% vatn) fyrirmeðferðar
- 99% Eftir- og fyrirmeðferð (vatnshreinsun (kalk og úrefni) og 20% vatnsfleyting)

Hreinsun sótagna (PM)

Sót er hreint kolefni (C) í afgasi dísilvéla. Það myndast aðallega vegna þess að brennsla eldsneytisins er ekki nógu fullkomin. Því er sót að hluta til óbrennd olía sem til verður í raun vegna súrefnisskorts í brunahólfinu og kemst þar af leiðandi út í andrúmsloftið með afgasinu.

Föstu efnin í afgasinu eins og sót eru oft kölluð „Black Carbon“ eða BC. Þessi efni geta haft afar neikvæð áhrif á ísbreiðurnar við norðurhjara jarðar. Svartar agnirnar setjast á ísinn og draga í sig sólarljósið og hitna og bræða við það ísinn umhverfis sig. Þessar sótagirnir þurfa ekki endilega að koma frá skipum sem sigla um norðlæg svæði heldur geta einnig komið með loftstraumum annars staðar frá. Þannig getur útblástur frá syðri svæðum haft hér veruleg áhrif á bráðnun ísbreiðunnar í Íshafinu.

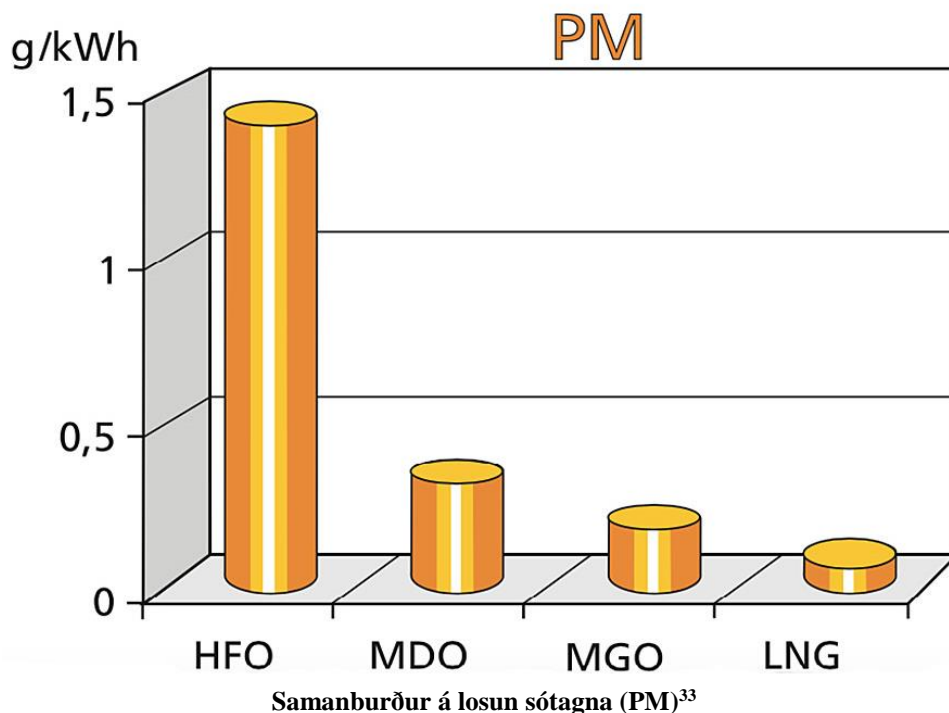
Það er mikill áhugi í hinu alþjóðlega umhverfi að taka á útlosun sótagna (Black Carbon) þannig að mengun af þeirra völdum verði í lágmarki. Afleiðingarnar eru þekktar og svo á einnig við um þær hugmyndir sem komið hafa fram um lausn á þessu vandamáli. Það að einföld vothreinsun skuli svo til geta hreinsað allar sótagirnir úr afgasinu sýnir að þetta vandamál ætti að geta heyrt sögunni til eftir fáein ár.



Myndin sýnir samsetningu sótagna í afgasi skipavélar³²

Samsetning sótagna í afgasinu eru að stærstum hluta kolefni (C) sem hreint sót og lífræn efnasambönd sem óbrennd olía (HC) ásamt örlitlu af súlfati (SO₄) og öðrum snefilefnum.

Sót og óbrennda olíu (VOC) er einnig hægt að endurrása í afgangsendurvinnslukerfi þar sem afgasið ásamt sótinu fer með viðbættu loftinu aftur inn í brunahólfið og er brennt þar aftur. Unnt er að stilla innkeyrt magn af afgasinu eftir gangi vélarinnar og þá með tilliti til gangsetningar, hægagangs og álags. Við viðbótarbrennsluna hvarfast sótið og óbrennda eldsneytið í koldíoxíð (CO₂) og það óbrennda einnig í vatnsgufu.



Útlosun sótagna í afgasi dísilvéla verður aðallega þegar svartolíu (HFO), sem hefur hæstu seigjuna, minnstu hreinsunina í olíuhreinsunarstöð og lengstu kolefniskeðjuna er brennt. Aðrar gerðir eldsneytis eins og skipadísilolía (MDO), skipagasolía (MGO) eru báðar með álíka útlosun sótagna en kælt gas (LNG) inniheldur lítið af sótögnum. Því þykir LNG oft vera ákjósanlegt eldsneyti þegar áhersla er lögð á að forðast útlosun sótagna vegna þess að neikvæð áhrif þeirra geta haft varanleg og neikvæð áhrif á viðkvæma náttúru eins og á pólsvæðunum.

Hlutfallsleg hreinsun á magni útlosunar á sótögnum (PM) í afgasi frá brennslu jarðdísils með afgashreinsun eftir- og fyrirmeðferðar er eftirfarandi:

- 90% Aðeins vatnshreinsun (Scrubber) eftirmeðferðar
- 90% Vatnshreinsun eftirmeðferðar með kalki og úrefni
- 55% Aðeins vatnsfleyting (20% vatn) fyrirmeðferðar
- 99% Eftir- og fyrirmeðferð (vatnshreinsun (kalk og úrefni) og 20% vatnsfleyting)

Hreinsun annarra lofttegunda

Önnur efni í afgasi eru þar yfirleitt í mjög litlum mæli. Þessi efni geta verið margvísleg í svartolíum sem unnar hafa verið og hreinsaðar með aðstoð hvata (catalysts). Sem dæmi má nefna ál, vanadium, natríum, silícium, nikkell, blý og fleiri efni.

Við brennslu í brunahólfi dísilvéla myndast einnig kolmónoxíð (CO) sem fer út í andrúmsloftið með afgasinu. Kolmónoxíð (CO) er mjög eitruð lofttegund og myndast það í þeim mun meiri mæli sem brennslan í brunahólfinu er ófullkomnari og einnig við óeðlilega mikið álag á vélina. Við brennslu á svartolíum (HFO) sem innihalda mikið af brennisteini og jafnframt önnur efni sem notuð hafa verið til vinnslu olíunnar, svo sem vanadium, getur myndast SO₃, sem með vatnsgufu getur leitt til brennisteinssýru (H₂SO₄) sem hefur skaðleg áhrif á vélahluti. Til að koma í veg fyrir að þetta eigi sér stað eru notaðar basískar smurolíur.

Bruninn í brunahólfi vélar verður aldrei fullkominn í þeim skilningi að ekkert berist af brunaleifum út í andrúmsloftið og ýmsar aðstæður ráða því að bruninn verður misjafnlega góður. Í bensínvélum getur kolmónoxíð (CO) orðið allt að 10% af útblæstri, einkum ef vélin gengur í tómagangi. Kolmónoxíð í útblæstri dísilvéla er hins vegar alltaf talsvert langt innan við 1% og þegar notuð er lífræn olía, svo sem repjuolía, er kolmónóksíðsmagnið mun minna. Þar sem kolmónoxíð er mjög eitruð lofttegund eru hættumörk víða erlendis sett við 50 ppm eða 0,005%

Brennisteinsvetni (H₂S) er önnur eitruð lofttegund tengd notkun á olíum. Brennisteinsvetnið myndast ekki við brennslu olíunnar og kemur því ekki fram í afgasi. Samkvæmt framleiðendum olíuvara er hætta á myndun þessarar lofttegundar við uppgufun frá olíu sem inniheldur brennistein (S). Gas þetta er bæði hættulegt við innöndun og hefur truflandi áhrif á öndunarfæri ásamt því að hafa mikla sprengihæfni. Auk þess er talið að það geti verið

krabbameinsvaldandi og þá við innöndun og snertingu. Hættumörk brennisteinsvetnis (H_2S) eða leyfilegt innihald í vinnuumhverfi eru víðast miðuð við 10 ppm eða 0,001% og því eittraðra en kolmónoxíð (C)³⁴.

Hreinsa má kolmónoxíð (CO) úr afgasi skipavéla með einfaldri eftirmeðferð með því að nota venjulega vatnshreinsun sem og vothreinsun með efnalausn. Með þessari aðferð hreinsast rúmur helmingur efnisins úr afgasinu.

Aftur á móti hreinsast kolmónoxíð (CO) mun minna með fyrirmeðferð afgashreinsunar (Water in oil emulsion) eða jafnvel ekkert.

Hvað varðar brennisteinsvetnið (H_2S) þá hreinsar einnig venjuleg vatnshreinsun það úr uppgufunni á olúnni á mjög auðveldan hátt. Sú hreinsun er reyndar erfiðari viðfangs og hefur því ekki verið mikið notuð³⁵.

Hreinsun á annarri útlosun

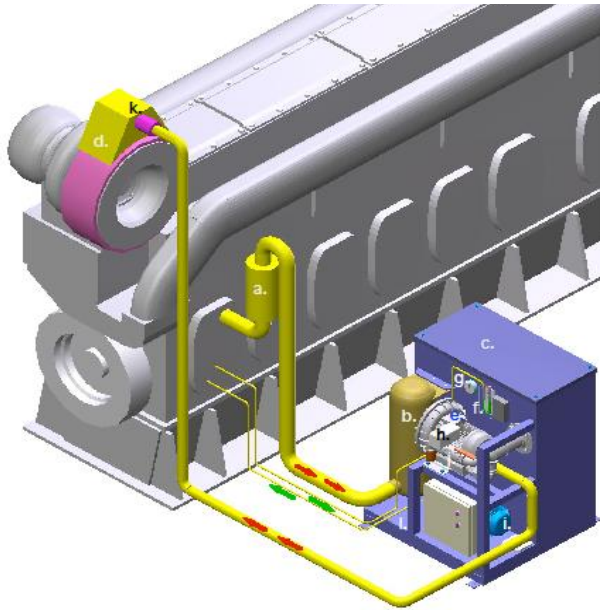
Almennt um hreinsun á annarri útlosun

Mengunarvaldar um borð í skipum geta verið af ýmsum toga. Má þar fyrst nefna mengandi útblástur vegna brennslu jarðeldsneytis og uppgufun olúefna af ýmsu tagi. Mengun er einnig frá loftræstikerfum og uppgufun frá lökkum, málningu og annarri yfirborðmeðhöndlun. Reykingar áhafna og farþega heyra alltaf meir og meir sögunni til og asbest er svo til ekki lengur notað um borð í skipum en önnur trefjaefni geta komið þar fyrir. Síðan má ekki gleyma mengun sem getur stafað frá farmi skips sem hættulegur varningur eins og gas, olíur og geislavirk efni. Hin síðari ár hafa rafsegulsvið verið metin á vissan hátt sem mengunarvaldur um borð í skipum.

Öll vinna um borð ásamt keyrslu þeirra kerfa sem halda skipinu gangandi geta einnig falið í sér ýmsa mengunarvalda. Á það sérstaklega við uppgufun frá olúum og eldsneyti en þau efni geta innihaldið eittraðar og óæskilegar gufur

Hreinsun á smurolúgufu í vélarúmum skipa

Í gegnum rannsóknarstyrki hafa íslensk stjórnvöld tekið þátt í að styrkja verkefni um hreinsun á loftkenndri smurolúu í sveifarásum aðalvéla skipa. Um er að ræða búnað sem hreinsar sveifarhús aðalvéla af smurolúgufu með því að soga gufuna inn í hreinsitæki sem skilur hana í vökva- og loftkennda smurolúu. Vökvakennda smurolían er send aftur inn í sveifarhúsið en loftkennda smurolían fer í loftblásara til aðalvélar og er brennd þar með brennsluolúunni.



Búnaður sem sagnar loftkennda smurolíu úr sveifarhúsi aðalvéla skipa og endurnýtir smurolíuna.

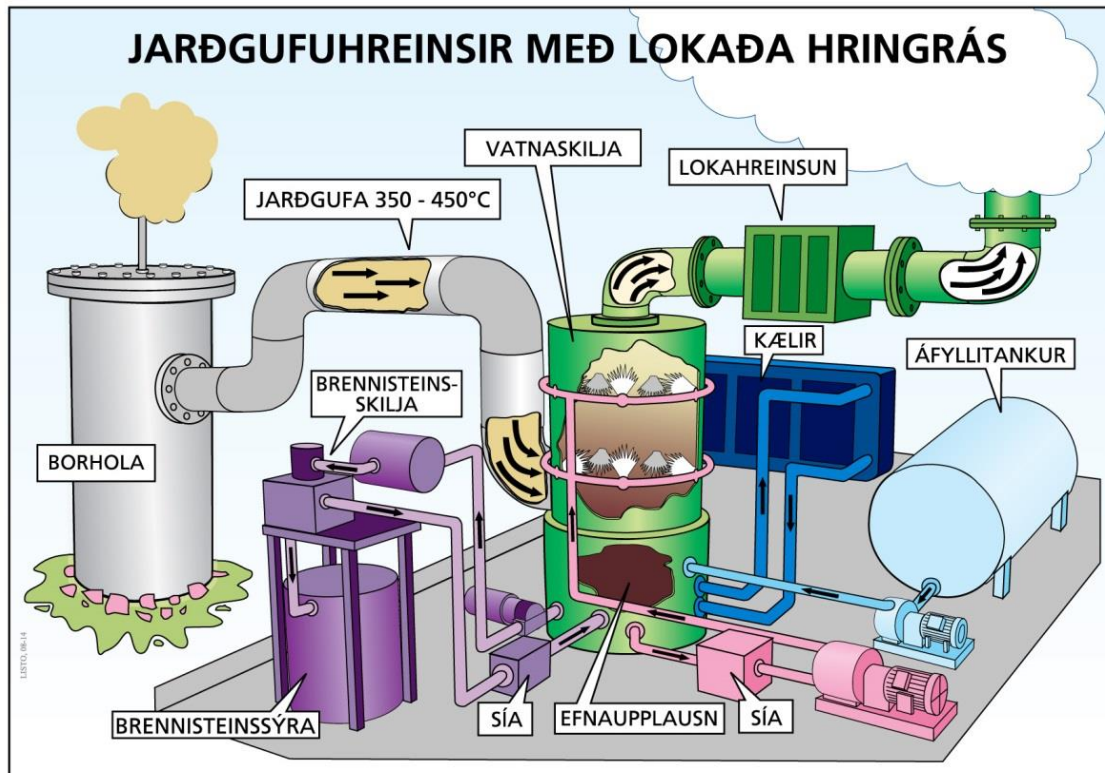
Þessi aðferðarfræði sparar líka smurolíunotkun þannig að smurolían sem annars læki út úr sveifarhúsinu skilar sér aftur inn í vélina og við það sparast allt að 50% af smurolíunotkun skipisins. Einnig dregur búnaðurinn úr því að smurolíugufur dreifist um vélarúm skipa en þessar gufur eru eitruðar og taldar hættulegar mönnum og jafnvel krabbameinsvaldandi³⁶.

Hvað þennan búnað áráerir þá er öruggleg auðveldara að hreinsa smurolíugufuna sem fer út í andrúmsloftið heldur en að hreinsa lungu vélstjórans eftir að hann hefur andað að sér þessari eitruðu gufu. Smurolíumettað vélarúm dregur úr einbeitingu vélstjórans og þreyta gerir vart við sig sem eykur hættuna á slysum um borð í skipum. Það eru mannréttindi að þurfa ekki að vinna við þessar aðstæður.

Hreinsun á jarðgufum frá orkuverum

Hvað varðar hreinsun á jarðgufum frá orkuverum og jarðhitasvæðum þá er vert að skoða losun brennisteinsvetnis (H_2S) frá jarðvarmavirkjunum og hvernig best sé að hreinsa hann úr andrúmsloftinu en brennisteinsvetni er þyngr lofttegund en andrúmsloftið. Efnið er ekki gróðurhúsalofttegund en getur haft neikvæð áhrif á bæði fólk og lífríki.

Losun brennisteinsvetnis hefur hingað til verið óhjákvæmilegur þáttur í nýtingu jarðhita á Íslandi. Náttúrulegt útstreymi frá jarðhitasvæðum hefur einnig áhrif á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.



Myndir sýnir hugmynd hvernig hreinsa megji brennisteinsvetni (H_2S) úr jarðgufu.

Brennisteinsvetni (H_2S) er þó einkum að finna á eldfjallasvæðum (samanber hveralykt). Eitthvað af brennisteinsvetni myndast við rotnun, og vetni sem og fastur brennisteinn mynda efnið við $600^\circ C$. Fylgst er með styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti vegna jarðhitanýtingar á mörgum stöðum á landinu³⁷.

Til að fjarlægja brennisteinsvetni (H_2S) úr andrúmsloftinu eru til nokkrar aðferðir sem vert er að skoða. Fyrst skal telja almenna vatnshreinsun þar sem brennisteinsvetnið er leitt í gegnum hreinsiturn alveg eins og gert er í einfaldri og venjulegri vatnshreinsun eftir meðferðar á afgasi véla. Brennisteinsvetnið er síðan síað úr efnalausninni og fargað í samræmi við ákvæði gildandi laga og reglna. Þessa aðferð vatnshreinsunar er mjög vert að skoða enda ber hreinsun með vatnsúðun góðan árangur þegar útlosun er lítil.

Aðrar aðferðir til að hreinsa brennisteinsoxíð (H_2S) úr andrúmsloftinu eru til dæmis að oxa brennisteinsvetnið yfir í brennisteinstvíoxíð (SO_2) sem síðan má hvarfa yfir í sulfat (SO_4) eða að afoxa það í fastan brennistein (S) sem þarf að urða í samræmi við reglur.

Önnur aðferðafræði hreinsunar á brennisteinsvetni (H_2S) er að breyta því yfir í annað efni eins og óuppleysanlegt salt (jónaefni). Það er gert með sérstakri sjóvöskun og við það myndast þunguppleysanleg sölt sem auðvelt er að urða án þess að slíkt hafi neikvæð áhrif á umhverfið.

Þessar hugmyndir byggja á því að brennisteinsvetnið (H_2S) sé fyrst unnið úr jarðgufunni (afgas) og sé laust við koldíoxíð (CO_2)³⁸.

Heimildir

- ¹ Meijer, Hans; 2007: „Ships air emissions“. EU Policy to Reduce Emissions from Ships. Presentation EFTA Brussels 11. December 2007. DG Environment.
- ² Jón Bernódsson; 2010: „Umhverfsvænir orkugjafar – ræktun á repju og nepju til framleiðslu á lffrænni dísilólíu fyrir íslenska fiskiskipaflofan“. Siglingastofnun Íslands 2010.
- ³ Kumar, Ved; Kant, Padam; 2013: „Biodiesel: Beneficial for Environment and Human Health“. Department of Chemistry, University of Lucknow, Lucknow-226007, India, 2013
- ⁴ Meijer, Hans; 2007: „Ships air emissions“. EU policy to reduce emissions from ships. Presentation EFTA Brussels 11. December 2007. DG Environment.
- ⁵ Bank, Robert; Harndorf, Horst; 2009: „Abgasnachbehandlung“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock. 2009.
- ⁶ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.
- ⁷ Anders Andreasen, Kirsten Braüner Nyggard; 2010: „Water-in-fuel emulsion as marine engine fuel for deduced NOx and particulate emissions“. Danish Ministry of the Environment. Environmental Protection Agency, 2010.
- ⁸ Steinhilber, Thomas Wolfgang; 2007: „Einfluss der Wasser- oder Emulsionseinspritzung auf die homogene Dieselvebrennung“. Technische Universität München, Institut für Energietechnik, Lehrstuhl für Thermodynamik. Genehmigte Dissertation, 2007.
- ⁹ Lif, Anna; Holmberg, Krister; 2006: „Water-in-diesel emulsion and related systems“. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2006.
- ¹⁰ Vellaiyan, Suresh; Amirthagadeswaran, K. S.; 2016: „The role of water-in-diesel emulsion and its additives on diesel engine performance and emission levels: A retrospective review“. Alexandria University, Alexandria Engineering Journal, 21 May 2016.
- ¹¹ <http://www.exomission.de/index.php/technologien-2/kraftstoff-wasser-emulsion-kwe>
- ¹² Vellaiyan, Suresh; Amirthagadeswaran, K. S.; 2016: „The role of water-in-diesel emulsion and its additives on diesel engine performance and emission levels: A retrospective review“. Alexandria University, Alexandria Engineering Journal, 21 May 2016.
- ¹³ <http://www.fmc-fiedler-motoren.de/web/Home.html>
- ¹⁴ <http://www.fmc-fiedler-motoren.de/web/Home.html>
- ¹⁵ Anders Andreasen, Kirsten Braüner Nyggard; 2010: „Water-in-fuel emulsion as marine engine fuel for deduced NOx and particulate emissions“. Danish Ministry of the Environment. Environmental Protection Agency, 2010.
- ¹⁶ Bjarki Orrason, Fannar Kjartansson; 2015: „Oliurannsókn á PD5“. Lokaverkefni Véltekniskóli haust 2015. Tækniskólinn skóli atvinnulífsins 2015.
- ¹⁷ Andri Björn Tryggvason, Þórhallur Karlsson; 2016: „Íblöndun á PD5+ og endurnýjanlegum orkugjöfum“. Lokaverkefni Véltekniskóli vor 2016. Tækniskólinn skóli atvinnulífsins 2016.
- ¹⁸ <http://auto-umwelt.at/>
- ¹⁹ <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/vw-abgasskandal-die-maer-vom-umwelt-killer-diesel/12469518.html>
- ²⁰ [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)---Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)---Regulation-13.aspx)
- ²¹ Buchholz, Bert; Hopp, Martin; Niendorf, Mathias; Hassel Egon; 2004: „Shipping in Coastal Regions – State of the Art and Current Research for Emission Reduction“. University Rostock. Coastline Report 2 (2004).
- ²² Guðrún Jóna Jónsdóttir; 2013: „LNG as a ship fuel in Iceland“. Master of Science in Construction Management, Reykjavik University, June 2013.
- ²³ <http://carbonrecycling.is/>
- ²⁴ Buchholz, Bert; Hopp, Martin; Niendorf, Mathias; Hassel Egon; 2004: „Shipping in Coastal Regions – State of the Art and Current Research for Emission Reduction“. University Rostock. Coastline Report 2 (2004).
- ²⁵ Bank, Robert; Harndorf, Horst; 2009: „Abgasnachbehandlung“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock. 2009.
- ²⁶ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.
- ²⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Abgasnachbehandlung>
- ²⁸ Guðrún Jóna Jónsdóttir; 2013: „LNG as a ship fuel in Iceland“. Master of Science in Construction Management, Reykjavik University, June 2013.
- ²⁹ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.
- ³⁰ Morgunblaðið, miðvikudagur 19. nóvember 2014. Guðni Einarsson
- ³¹ Guðrún Jóna Jónsdóttir; 2013: „LNG as a ship fuel in Iceland“. Master of Science in Construction Management, Reykjavik University, June 2013.
- ³² Bank, Robert; Harndorf, Horst; 2009: „Abgasnachbehandlung“. Skript zur Vorlesung Kraft- und Arbeitsmaschinen. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock. 2009.
- ³³ Guðrún Jóna Jónsdóttir; 2013: „LNG as a ship fuel in Iceland“. Master of Science in Construction Management, Reykjavik University, June 2013.
- ³⁴ Agnar Erlingsson; 2009: „Loftgæði í skipum“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 2009. Óbirt
- ³⁵ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.
- ³⁶ Rafnsson, Vilhjálmur; Sulem, Patric; 2003: „Cancer Incidence among Marine Engineers, a Population-based Study (Iceland)“. Cancer Causes and Control 14: 29-35, 2003. Kluwer Academic Publish, Printed in Netherlands.
- ³⁷ <http://umhverfisskyrsla2014.landsvirkjun.is/losun/andrumslöft>
- ³⁸ Pálmi Stefánsson; 2010: „Efnafræði orkugjafa“. Greinargerð samin fyrir Siglingastofnun Íslands, 9/2010. Óbirt.