

Kafli 2

Eðli elds

2. útg. mars 2006



Efnisyfirlit

2.1 Bruninn	3
2.1.1 Fjögur skilyrði bruna	4
2.1.2 Brunabríhyrningurinn	4
2.1.3 Brunapýramídiinn	5
2.1.4 Eldsneyti (afoxandi efni)	5
2.1.5 Súrefni (oxandi efni)	5
2.1.6 Efnafraeðileg keðjuverkun	5
2.2 Form eldsneytis og áhrif formsins á brunaferlið	7
2.2.1 Föst efni	7
2.2.2 Fljótandi efni	7
2.2.3 Gasefni	7
2.3 Eldur í málum	8
2.4 Varmaflutningur	9
2.4.1 Varmaleiðni	9
2.4.2 Varmastreymi	10
2.4.3 Varmageislun	11
2.5 Eldurinn slökktur	11
2.5.1 Eldsneyti fjarlægð	12
2.5.2 Súrefni útilokað	12
2.5.3 Dregið úr hita	12
2.5.4 Efnafraeðileg keðjuverkun stöðvuð	12
2.6 Einkenni eldfimra vökva	13
2.6.1 Blossamark	13
2.6.2 Brunamark	13
2.6.3 Íkveikjumark/sjálfsíkveikjumark	14
2.6.4 Sjálfshitun/sjálfsíkveikja	14
2.6.5 Ofurhvarfablöndur (Hypergolic Mixtures)	14
2.6.6 Bruni vegna samþjöppunar	15
2.6.7 Sprengimörk – sprengisvið	15
2.7 Uppsprettur hita	16
2.7.1 Hiti orsakaður af efnahvörfum	16
2.7.2 Hiti orsakaður af vélbúnaði	16
2.7.3 Hiti orsakaður af rafmagni	17
2.7.4 Hiti orsakaður af kjarnorku	18
2.8 Varmi og hiti (hitastig)	19
2.9 Brunagas	20
2.10 Hitasundrun (Pyrolisering)	20

Kafli 2

Eðli elds

2.1 Bruninn

Bruni er efnahvarf þar sem súrefni hvarfast við hið brennanlega efni. Þetta ferli er einnig kallað oxun. Ekki er það þó svo að allur bruni endi með eldi þar sem bruni eða oxun á sér stað hjá öllum lifandi verum. Með bruna í vefjum lífvera losnar nauðsynleg orka til þess að viðhalda lífi í viðkomandi lífveru. Þessi tegund bruna myndi flokkast undir hægfara efnahvarf. Eitt algengasta dæmi oxunar sem við þekkjum er ryðmyndun í járni. Þar á sér stað hægfara efnahvarf þar sem súrefni gengur í samband við fast efni með þeim afleiðingum að rauðleitar flögur myndast og falla af efninu, það er að segja, ryðflögur myndast. Með tímanum tekur efnið svo að aflagast og eyðast. Þar sem bruni (oxun) af þessari tegund er yfirleitt mjög hægur nær ekki að myndast mikill hiti þó svo að efnahvörfin framleiði svo sannarlega hita. Fari ryðmyndun fram í þröngum, lokuðum rýmum þar sem loft nær ekki að streyma í gegn getur þó orðið einhver hitamyndun. Þau rými geta verið stórhættuleg mönnum þar sem brunafeirið hefur étið upp allt súrefni í rýminu.

Eldur er vissulega bruni en þá er oxunin hröð. Skilgreiningin er hraðfara efnahvarf þar sem súrefni gengur í samband við hið brennanlega efni með þeim afleiðingum að efnið aflagast og/eða eyðist. Til þess að koma eldi af stað (kveikja í) verður að hita upp efnið. Við visst hitastig (mismunandi eftir efnum) byrja sameindir efnisins að losna hver frá annarri og rjúka burt. Eftir því sem upphitunin er meiri því hraðar rjúka sameindirnar hver frá annarri. Þegar þessi flótti sameindanna hefur náð vissum hraða (mismunandi eftir efnum) kviknar ljósið og keðjuverkun, samfara varma- eða orkuframleiðslu, fer af stað, sjá mynd 2.1. Eftir að þessu stigi er náð, viðheldur eldurinn sér svo lengi sem öll skilyrði fyrir bruna eru til staðar.



Mynd 2.1 Hraði oxunar. Myndin sýnir muninn á brunahraða, frá hægri oxun (ryðmyndun) að hraðfara oxun (sprengingu).

2.1.1 Fjögur skilyrði bruna

Bruni er efnaferli. Hann er oft skilgreindur sem hröð oxun (oxun er samruni súrefnis og annars efnis) brennanlegs efnis sem myndar orku í formi ljóss og varma. Nánari athugun leiðir í ljós að frumefnin, sem nauðsynleg eru til að viðhalda lífi, brenna séu þeim sköpuð rétt skilyrði, þ.e. rétt hlutföll af súrefni, hita og brennanlegu efni, en þá fer af stað efnafræðileg keðjuverkun.

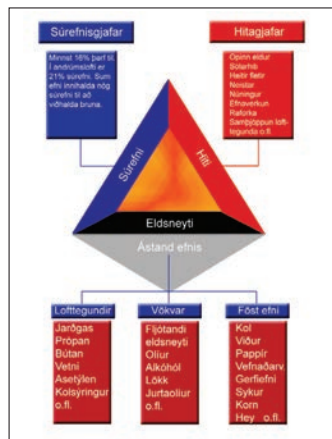
Til þess að eldur geti logað þurfa fjögur skilyrði að vera til staðar. Þau skilyrði eru útskýrð með brunapríhyrningnum og brunapýramídanum.

2.1.2 Brunapríhyrningurinn

Prennt þarf til þess að eldur geti kviknað: brennanlegt efni, súrefni og hita. Þessi þrenning er oft sett upp sem þríhyrningur (brunapríhyrningurinn). Til þess að eldur geti logað þurfa allir armar þríhyrningsins að vera til staðar í réttum hlutföllum og til viðbótar þarf að koma til efnafræðileg keðjuverkun sem betur verður útskýrð síðar, sjá mynd 2.2.

Brennanlegt efni er hægt að finna næstum hvar sem er. Allir vita að timbur, vefnaður, pappír, gas, olíur og þ.h. efni brenna auðveldlega. Ekki gera þó allir sér grein fyrir því að járn og grjót brennur einnig, en það má sjá t.d. við logsuðu og þegar eldfjöllin gjósa og ausa bráðnu grjóti upp úr iðrum jarðar.

Hitinn sem er nauðsynlegur til þess að eldur kvikni er mjög misjafn. Til dæmis þarf mjög lítinn hita til þess að bensín gefi frá sér brennanlegar gastegundir, eða rétt um -40°C , en í kringum það hitastig er blossamark bensíns. Hita þarf timbur upp í $200 - 250^{\circ}\text{C}$ áður en það byrjar að gefa frá sér brennanlegar gastegundir og járn þarf mun meiri hita til þess að í því geti logað.



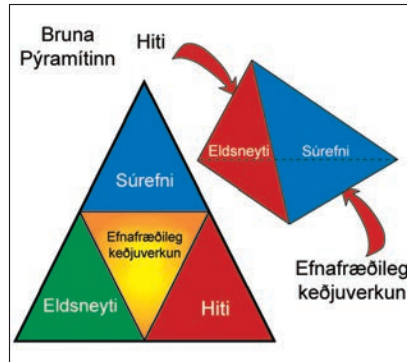
Mynd 2.2 Brunapríhyrningurinn

Súrefni er eldinum jafnnauðsynlegt til að geta lifað og mannum. Í andrúmsloftinu er u.þ.b. 21% súrefni. Eldin er nauðsynlegt að það sé yfir 16% súrefni í kringum hann til þess að hann geti lifað. Fari það niður fyrir 14% koðnar eldurinn niður og kafnar að lokum af súrefnisskortri. Glóðin getur aftur á móti lifað lengur, allt niður að 0,2 - 0,3% súrefnis. Komist aukið súrefni að svæðinu, blossar eldurinn upp að nýju.

Sé brunapríhryningurinn rofinn á einhvern hátt slokknar eldurinn. Það má segja að allt slökkvistarf, hvort sem notuð eru handslökkvitæki eða fullkomnuustu slökkvitól slökkviliðanna, byggist á því að rjúfa þennan þríhryning.

2.1.3 Brunapýramíðinn

Til margra ára hefur brunapríhryningurinn verið notaður til þess að útskýra bruna, þ.e. súrefni, hiti og eldsneyti. Þó þessi útskýring sé einföld og þægileg er hún bara ekki allskostar rétt. Til þess að eldur geti logað þarf einn þátt enn, þ.e.a.s. efnafræðilega keðjuverkun. Þegar þessi fjögur atriði eru sett saman er gjarnan talað um brunapýramíðann, sjá mynd 2.3. Hvert þessara atriða þarf að vera til staðar til þess að bruni geti orðið og þau þurfa að vera í réttum hlutföllum.



Mynd 2.3 Brunapýramíðinn,

2.1.4 Eldsneyti (afoxandi efni)

Eldsneytisflöturinn á pýramíðanum samsvarar eldsneytishliðinni í brunapríhryningnum. Hann táknar „efni sem hægt er að oxast“. Heitið „afoxandi efni“ er til komið vegna þess að efnið getur gengið í samband við súrefni.

2.1.5 Súrefni (oxandi efni)

Heitið „oxandi efni“ er notað yfir súrefnisflöt brunapýramíðans en hann samsvarar súrefnishlið brunapríhryningsins. Þessi skilgreining hjálpar okkur að skilja hvernig sum efni sem hafa súrefnisatóm í sameindum sínum, eins og natríunítrat og kalíklórat, geta brunnið þar sem ekkert súrefni er fyrir hendi í umhverfinu. Hægt er að kveikja í sirkoníumdufti án utanaðkomandi súrefnis ef koltvísýringur er til staðar. Þetta á einnig við um fleiri efni.

Dæmi um oxandi efni: Súrefni - vetnisperoxíð - klór - krómöt - saltpéturssýra - flúor - brennisteinssýra - mangandíoxíð - blýdíoxíð - nítröt - bróm - klóröt o.fl.

2.1.6 Efnafræðileg keðjuverkun

Til þess að eldur geti kviknað þarf eldsneyti, súrefni og varma. Eldsneytið verður að hita upp til þess að sameindir þess losni hver frá annarri og myndi brennanlegar gastegundir. Þá þarf nægilega hátt hitastig til að í þeim kvikni. Hvort sem efnin sem brenna eru föst eða fljótandi eru það gufurnar (yfirleitt sameindir efnisins), er frá þeim stíga við upphitunina, sem brenna.



Mynd 2.4 Efnafraðilegt ferli og uppbygging elds.

Sameindirnar sem losna kunna að vera hlaðnar rafmagni, ýmist jákvæðu eða neikvæðu, sem annað hvort dregur að sér aðrar frumeindir eða hrekur þær frá sér. Hraði þessara lausu sameinda er mismunandi eftir efnum og stigi upp-hitunarinnar en hann eykst eftir því sem hitastig hækkar (tvöfaldast við hverjar 10°C).

Við getum hugsað okkur að þegar árekstrar sameindanna eru orðnar nægilega margir á sekúndu verði einskonar sjálfsíkveikja í gufunum. Hitasundrunin viðheldur sjálfri sér með keðjuverkandi áhrifum þar til eldsneytið er upp urið eða eitthvað utanaðkomandi stöðvar ferlið (lækkað hitastig, súrefnisskortur eða stöðvun keðjuverkunarinnar). Við yfirborð eldsneytisins fer ekki fram mikil oxun vegna þess að þar er skortur á súrefni til að oxast með þeim brunagastegundum sem þar losna. Þetta bil á milli eldsneytisins annars vegar og sjáanlegs loga hins vegar er kallað logagrunnur, sjá mynd 2.4.

Ofan við logagrunninn er nóg af súrefni og það tekur þátt í efnahvörfum sem gefa frá sér ljós og hita. Það eru logarnir sem við sjáum. Þeim hvörfum sem þarna fara fram er haldið við með súrefni loftsins sem dregst inn í þann loftstraum sem myndast inni í loganum og leitar upp. Þetta ferli heldur áfram í öllum loganum, alveg frá grunni og út í ystu tungur. Uppbygging sameindanna í efnunum sem eru að brenna hrynur og frumeindirnar sem losna sameinast öðrum frumeindum og frumefnum sem dragast inn í þetta ferli. Þannig myndast ný og ný efnasambönd sem síðan sundrast aftur inni í loganum vegna hitans. Efnin sem endanlega verða til sleppa út úr logunum, sjáanleg sem reykur og gufa. Ýmsar lofttegundir, sem urðu til við brunann, blandast inn í reykinn. Magn þeirra ræðst af því hversu fullkominn bruninn var, þ.e. hversu góð skilyrði voru fyrir brunann.

Vegna þess að kolefni er eitt af þeim efnum sem tiltölulega erfitt er að kveikja í er reykurinn að mestu samsettur úr óbrunnum kolefnisögnum. Öll þessi ferli gerast samtímis, af mismiklum krafti, í öllum loganum.

2.2 Form eldsneytis og áhrif formsins á brunaferlið

Þrjár fasar lýsa ástandi efna: fast form, vökvi og gas. Gott er að hugsa sér vatn í þessu sambandi þar sem öll form þess eru öllum vel kunnug. Ís er fast form vatns, fljótandi vatn vissulega vökvi og gasformið gufa.

Ástand brennandi efna hefur áhrif á brunaferlið. Þessvegna hafa verið skilgreindir ákveðnir brunaflokkar eftir ástandi eldsneytisins. Þeir eru *bruni í föstum efnum* (A-flokkur), *bruni í eldfimum vökvum* (B-flokkur), *bruni í gasi* (C-flokkur) og *bruni í málmum* (D-flokkur).

2.2.1 Föst efni

Við bruna í föstum efnum eru bæði logar og glóð sýnileg. Logarnir eru vegna bruna í gastegundum sem stíga upp af efninu í samræmi við það hversu mikið það hitnar.

Gastegundirnar brenna ofan við efnið meðan restin af fasta efninu byggir upp glóð.

Flest efni sem hituð eru upp byrja að gefa frá sér brennanlegar gastegundir þegar ákveðnu hitastigi er náð. Tré, pappír og vefnaðarvörur byrja að gefa frá sér brennanlegar gastegundir við u.þ.b. 200°C en þurfa um 300 - 400°C til þess að geta viðhaldið loga. Sumar plastvörur þurfa aftur á móti ekki nema u.þ.b. 100°C til þess að byrja að gefa frá sér brennanlegar gastegundir.

Mörg föst efni eru mun eldfimari séu þau í mjög smáum einingum. Þar má nefna að mun auðveldara er að kveikja í hefilsþónum en heilum trjádrumb, sjá mynd 2.5.



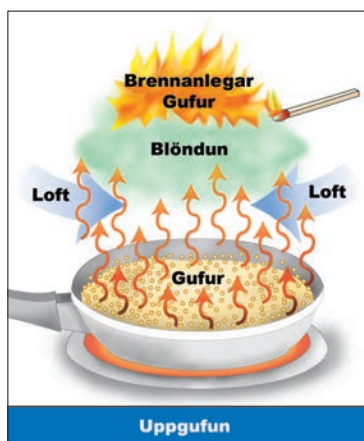
Mynd 2.5 Flatarmál. Því duftkenndara efni (meira flatarmál), því minni orku þarf til þess að koma af stað eldi.

2.2.2 Fljótandi efni

Sé eldur í vökvum er engin glóð sýnileg, bara logar. Það sem brennur eru eldfimar lofttegundir (brunagastegundir), sem stíga upp frá vökvanum og blandast súrefni. Vökvinn, hitastig og blöndunarhlutfall brunagastegundanna við súrefni eru þeir þættir sem stjórna því hvort eldur geti kviknað í efninu, sjá mynd 2.6.

2.2.3 Gasefni

Gas brennur, en rétt eins og með vökvana er það bara loginn sem er sjáanlegur, engin glóð. Blöndunarhlutfall gastegundanna og súrefnis er einnig afgerandi þáttur í því hvort bruni verður í gastegundunum. Rétt blöndunarhlutfall gastegundar, til þess að bruni geti orðið í henni, kallast sprengisvið, sjá nánar kafla 2.6.7.



Mynd 2.6 Eldar í vökvum. Þegar eld-fimar vökvar hitna, stíga upp frá þeim eldfimar lofttegundir. Þegar þær blandast súrefni í réttum hlutföllum geta þær brunnið.

brunnið við u.þ.b. 2000°C til 3000°C, sjá mynd 2.7. Við svona hátt hitastig sundrast sameindir allra venjulegra slökkviefna og hvarfast kröftuglega við þau efni sem eru að brenna.

Eldurinn í magnesíum (Mg) magnast verulega þegar vatni er sprautað á hann. Hið háa hitastig veldur því að vatnið sundrast í frumefnin vetni og súrefni sem síðan hvarfast við magnesíum og mynda magnesíumoxíð (MgO) ($\text{H}_2\text{O} + \text{Mg} \rightarrow \text{H}_2 + \text{MgO}$). Vetnið hvarfast svo hratt við súrefni frá andrúmsloftinu að spening verður.

Við svo hátt hitastig sundrast flest efnasambönd. Noti maður koltvísýring (CO_2) á sama hátt og lýst var fyrir vatn, á sér stað álíka ferli. Koltvísýringurinn lendir inni í brunuferlinu og vegna þess hve hitastigið er hátt, losna frumeindirnar hver frá annarri. Koltvísýringurinn (CO_2) missir eina súrefnissameind (O), sem gengur í samband við málminn og myndar þar með magnesíumoxíð (MgO). Eftir stendur þá kolmónoxíð (CO) sem gengur inn í efnahvörfin sem brennanleg lofttegund. Við það ferli tekur tekur kolmónoxíðið aftur til sín eina súrefnisfrumeind og skilar sér út í andrúmsloftið sem koltvísýringur (CO_2). Í einstaka tilfellum getur loftið mettast af kolmónoxíði við notkun koltvísýrings sem slökkviefnis við þessar aðstæður.

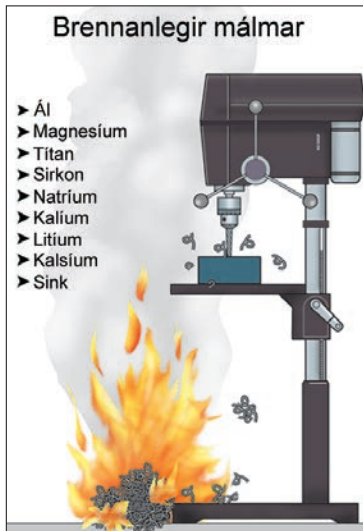
Venjulegt slökkvídúft er ekki heldur fýsilegur kostur til þess að slökkva eld í málmmum þar sem það brotnar upp í koldíoxíð (CO_2) og vatn (H_2O).

Þar sem hitastigið við bruna málmtegunda er svona hátt eru fáar aðrar leiðir færar en að þekja málminn með efnum sem hvorki brotna niður í eldnærandi gastegundir né eitruðar. Slökkviaðferðin byggir á því að kæla yfirborð málmsins sem mest til þess að minnka efnahvörfin sem þar eiga sér stað. Samtímis því lokar maður fyrir súrefnisflæði að eldinum. Bræðslumark slökkviefnisins hjálpar til með kælinguna þar sem það bráðnar og myndar skel yfir málmblönduna. Þannig kemst súrefni úr andrúmsloftinu ekki heldur að eldinum.

Hafi gasið blandast súrefni áður en neisti er borinn að því verður gríðarlega hraður bruni í gasinu. Þrýstibylgja gæti myndast sem afleiðing af þessum hraða bruna og þar með gæti bruninn lýst sér nokkurn veginn eins og sprenging. Það er við þessar aðstæður sem fyrirbæri eins og reyksprenging (backdraft) gerist.

2.3 Eldur í málmmum

Þó málmar tilheyri föstum efnum hafa sumir þeirra það mikla sérstöðu að fjallað verður sérstaklega um þá hér. Við eld í málmmum verða mjög hröð efnahvörf sem orsakast af háum hita. Eldar í magnesíum (Mg), títeni (Ti) og áli (Al) geta



Mynd 2.7 Eldar í málmum. Dæmi um nokkrar tegundir málna sem geta brunnið.

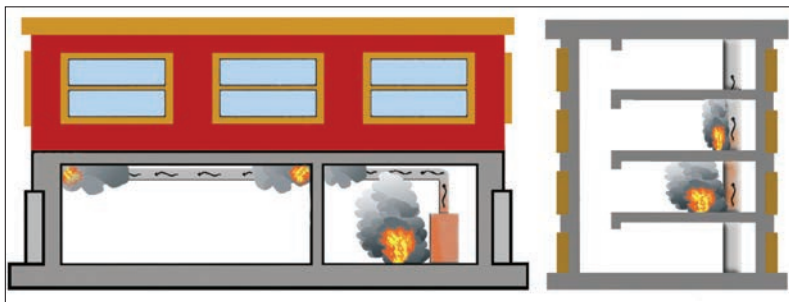
Ein tegund slökkviefnis inniheldur grafitduft, en grafit er ákveðin gerð af kolum. Grafitið gengur svo í torleyst efnasambönd við málmtegundina sem brennur. Önnur tegund slökkviefnis sem nýtt er við elda í málmum er fíngerður, þurr sandur. Þetta getur þó reynst hættulegt þar sem næstum allur sandur inniheldur eitthvert vatnsmagn og getur þar með orsakað sprengingu í brunuferlinu. Öllu öruggara slökkviefni myndi vera sement þar sem það geymist þurr, er yfirleitt á aðgengilegum stöðum og er til í miklu magni hjá söluaðilum. Vissar gerðir salts geta slökkt málmelda með því að bráðna og mynda þar með skel yfir hlutinn sem brennur. Venjulegt borðsalt (NaCl), er ágætis slökkviefni sem tiltölulega auðvelt er að nálgast. Vegasalt ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), inniheldur hins vegar kristallað vatn sem gerir það að miður góðum slökkvimiðli.

2.4 Varmaflutningur

Varmi getur flust um byggingu með þrennu móti, þ.e. með leiðni, streymi og geislun. Varmaflutningur er háður ýmsum lögmálum eðlisfræðinnar.

2.4.1 Varmaleiðni

Varmaleiðni er oftast sett í samband við varmaflutning frekar en loga. Varmi flyst frá einum hlut til annars við beina snertingu hlutanna eða með varmaleiðara sem tengir þá saman. Magn varmans sem þannig flyst á milli og flutningshraðinn fer eftir leiðnieiginleikum varmaleiðarans. Varmaleiðni hluta, þ.e.



Mynd 2.8 Varmaleiðni. Myndin sýnir hvernig hiti getur borist milli byggingarhluta með varmaleiðni, í þessu tilfelli stálpípum.

hæfileikinn til að flytja varma, er mismikil. Ál, eir og járn eru góðir varmaleiðarar. Trefjaefni, eins og viður, vefnaðarvörur og pappír, eru lélegir varmaleiðarar, sjá mynd 2.8.

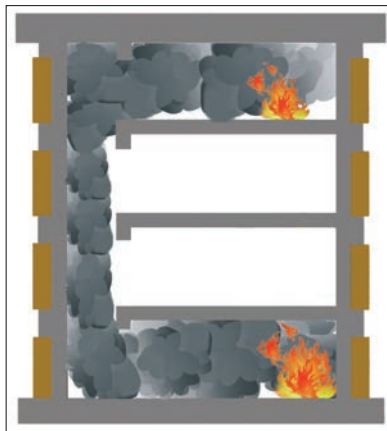
Vökvar og lofttegundir eru lélegir varmaleiðarar vegna þess hvernig hreyfingum sameinda þeirra er háttað. Loft er tiltölulega lélegur varmaleiðari. Sum föst efni eru góð einangrunarefni ef gerðar eru úr þeim trefjar sem síðan er þjappað hæfilega mikið saman. Einangrunarhæfnin byggist á því að efnin eru lélegir leiðarar og loftrými er á milli trefjanna. Tvöfaldir veggir með þéttum lofthólfum einangra vel.

2.4.2 Varmastreymi

Varmastreymi er það nefnt þegar varmi berst með lofttegundum eða vökva. Þegar vatn er hitað upp í glerfláti er hægt að fylgjast með varmastreyminu gegnum glerið. Ef sag er sett út í vatnið sést streymið enn betur. Við upphitun þenst vatn út og léttist. Þess vegna sjáum við hreyfingu upp á við í ílátinu. Á sama hátt stígur loft sem hefur hitnað við snertingu (leiðni) nálægt ofni. Við það léttist það, þenst út og leitar upp. Kalt loft kemur í stað þess, hitnar og leitar einnig upp. Þegar vökvar og lofttegundir hitna hefjast hreyfingar í þeim sjálfum. Þar er um að ræða varmaflutninga sem nefnast varmastreymi. Varmastreymi er fólgið í því að hraði sameindanna, innan efnisins, breytist.

Loft sem hitnar í byggingu þenst út og rís. Af þeirri ástæðu er varmadreifing í formi streymis venjulega upp á við þótt varmi geti vissulega flust með loftstraumum í hvaða átt sem er. Þegar varmi flyst milli hæða, milli herbergja eða frá einu rými til annars í brennandi húsi er oftast um varmastreymi að ræða, sjá mynd 2.9. Þegar eldur berst eftir göngum, upp stigaganga eða lyfturými, milli veggja eða eftir háaloftum er einnig venjulega um varmastreymi að ræða. Varmastreymi hefur af þessum ástæðum meiri áhrif á skipulag slökkviaðgerða og það, hvernig staðið er að reyklosun, heldur en geislun og varmaleiðni.

Mynd 2.9 Varmastreymi. Myndin sýnir hvernig eldur getur borist milli byggingarhluta með varmastreymi. Á myndinni hefur heitur reykur borist á milli hæða og með geislun valdið hitasundrun í efnum á efstu hæðinni, með þeim afleiðingum að kviknað hefur í þeim brennanlegu gastegundum sem losnuðu þar. Eldurinn hefði líka getað kviknað í reyknum, hefði hann blandast nægilegu súrefni á efstu hæðinni og hitinn í honum verið nægur til þess að sjálfsvikun gæti orðið.





Mynd 2.10 Varmageislun. Geislun frá brennandi byggingu til annarrar er mjög stór áhættuþáttur í útbreiðslu elds milli bygginga.

2.4.3 Varmageislun

Við finnum hvernig sólin vermir okkur fljótlega eftir að hún er komin upp á morgnana. Sólskýli skýla okkur fyrir sólarhitnum og eftir að sólin sest kólnar jörðin fljótt. Þótt loft sé lélegur leiðari er auðséð að varminn kemst leiðar sinnar þótt ekkert fast efni sé fyrir hendi. Þessi aðferð varmans til að breiðast út er nefnd geislun eða varmageislun.

Varmabylgjur og ljósbylgjur eru svipaðrar náttúru en bylgjulengdirnar eru mismunandi. Varmabylgjur eru lengri en ljósbylgjur og þær eru stundum nefndar infrarauðir eða innrauðir geislar. Geislunarvarmi fer í gegnum rúmið, líkt og ljósið, þar til hann hittir fyrir hlut sem ekki er gegnsær. Hluturinn tekur í sig varmann og hitnar og geislar hluta af honum frá sér aftur (fer eftir lit hlutarins). Varmageislun er ein helsta aðferð eldsins til að berast á milli húsa, sjá mynd 2.10. Þar sem geislun frá bruna er mikil verður strax að gera varúðarráðstafanir þegar eldtungur standa út um glugga brennandi húss þó að tiltölulega langt virðist vera í næsta hús.

Eldslogar læsa sig í og dreifa sér um öll brennanleg efni sem þeir ná að leika um. Þegar logarnir hafa hitað viðkomandi efni upp að íkveikjumarki þess kviknar í því og logarnir halda áfram að teygja sig enn lengra á meðan nægjanlegt súrefni og brennanlegt efni er fyrir hendi til að næra þá.

2.5 Eldurinn slökktur

Samkvæmt því sem við getum lesið út úr brunaþríhyrningnum er hægt að slökkva eldinn með þrennum hætti, þ.e. með því að;

- A. fjarlægja eldsneytið,
- B. útiloka súrefnið (kæfing),
- C. draga úr hitanum (kæling).

Ef við athugum hvernig brunapýramídið kemur inn í þetta dæmi sést að við getum einnig slökkt eldinn með því að;

- D. stöðva hina efnafræðilegu keðjuverkun sem á sér stað inni í loganum.

2.5.1 Eldsneyti fjarlægð

Þegar eldsneytið er upp urið deyr eldurinn eðlilega út af sjálfu sér. Í reynd er sú slökkviaðferð sjaldnast notuð, þ.e. að fjarlægja eldsneytið frá eldinum, nema þegar um bruna er að ræða í gasi. Þá er besta slökkviaðferðin að loka fyrir gasið.

2.5.2 Súrefni útilokað

Með því að hindra aðgang súrefnis að logum eldsins, kafnar hann. Sú slökkviaðferð kallast „kæfing“. Þegar við leggjum lok yfir pott með logandi feiti, breiðum froðu yfir logandi eldsneytispoll eða sprautum koltvísýringi (CO_2) á eld erum við að beita kæfingu. Árangur kæfingar fer eftir því hve mikið við rýrum súrefnisinnihald loftsins sem nærir eldinn og hvernig tekst að viðhalda þeirri rýrnun.

Í mörgum tilfellum er erfitt að útiloka súrefni, t.d. í stóru rými. Hugsanlega er hægt að loka því svo þétt að eldurinn eyði súrefninu niður fyrir þau mörk sem hann þarf til að lifa, en þá megum við ekki opna fyrir en örugglega er orðið nægilega kalt, svo ekki verði reyksprenning. Ókostur við notkun koltvísýrings og annarra kæfandi slökkviefna í gasformi er hversu fljótt þau rjúka í burt frá eldstaðnum. Eldurinn getur því náð sér á strik aftur ef um er að ræða tiltölulega stórt rými eða ef eldstaðurinn er úti við. Hins vegar getur kæfing virkað mjög vel með þess konar slökkviefnum í tiltölulega litlu og lokuðu rými.

Kæfing elds í fljótandi eldsneyti með froðuefnum er oft og tíðum eina slökkviaðferðin sem hægt er að beita með árangri. Froðuefnin viðhalda súrefnisskortinum venjulega nógu lengi til þess að góður árangur náist. Auk þess kæla þau verulega umhverfið svo að það kviknar síður í aftur.

2.5.3 Dregið úr hita

„Kæling“ er sú slökkviaðferð sem mest er notuð og venjulega handhægast að koma henni við. Til þess að ná árangri með þessari aðferð verðum við að kæla efnid svo er að brenna niður fyrir „blossamark“ þess, eða með öðrum orðum að kæla svo mikið að brennanlegar gufur stíga ekki lengur, í nægjanlegu magni, upp úr efninu sem er að brenna. Í sumum tilfellum er þetta ekki mögulegt, t.d. þýðir ekkert að beita hefðbundnum aðferðum við að kæla bensín og ýmsa aðra vökva sem hafa blossamark langt undir frostmarki. Í slíkum tilfellum verðum við að bregða fyrir okkur kæfingaradferðinni. Vatn er langbesta kæliefnið sem völ er á í náttúrunni og oftast fánlegt í nægjanlegu magni. Önnur slökkviefni eru lítið notuð í þessum tilgangi. Þegar kælingaraðferðinni er beitt er einnig leitast við að kæla umhverfi brunans, bæði rúm og efni. Kælimáttur vatns nýtist fyrst til fullnustu þegar það er eimað.

2.5.4 Efnafræðileg keðjuverkun stöðvuð

Þegar farið var að beita slökkviefnum, eins og halon og þurrdufti, komu fram atriði sem ekki var hægt að skýra með þríhyrningshliðunum þremur. Í ljós kom að þessi efni slökktu eld fljótar og í meiri mæli en svo að hægt væri að skýra

slökkvunina í formi kælingar eða kæfingar. Athuganir leiddu í ljós að ef þessi efni voru hituð upp urðu efnahvörf og nýjar sameindir mynduðust, sem minntu mjög á það sem gerist í hinni efnafræðilegu keðjuverkun í loganum og lýst var hér að framan.

Hins vegar voru efnasamböndin sem til urðu við þessi hvörf af öðru tagi. Frumeindirnar sem slökkviefnin gefa frá sér við upphitun ganga í efnasamband við þær sameindir sem þegar eru þátttakendur í keðjuverkuninni inni í loganum og mynda með þeim sameindir sem ekki sameinast súrefni loftsins. Með þessum hætti er keðjuverkunin rofin og logarnir slokkna.

Þessi slökkviaðferð, sem er rof á hinni efnafræðilegu keðjuverkun logans, kallast einfaldlega „stöðvun keðjuverkunar“. Þau slökkviefni sem helst eru notuð til að framkalla þessa slökkviaðferð eru „málmleysingar“ eða hinar ýmsu tegundir halona og skyldra efna og margskonar þurrduft. En með því að ýmsar tegundir málmleysingja reynast óhollar umhverfinu eru þær að hverfa úr notkun, en önnur skyld og hættuminni eru að koma á markaðinn.

2.6 Einkenni eldfimra vökva

Vökum sem geta brunnið er skipt í þrjá flokka:

- Fyrsti flokkur: **A** Vökvi með blossamark undir 21°C
- Annar flokkur: **B** Vökvi með blossamark frá 21°C til og með 55°C
- Þriðji flokkur: **C** Vökvi með blossamark yfir 55°C og allt að 100°C

Allir þrír flokkarnir greinast í tvo undirflokkka:

Vökvar sem blandast vatni.

Vökvar sem ekki blandast vatni.

2.6.1 Blossamark

Blossamark er það lágmarkshitastig sem þarf til að vökvi (eða önnur efni) gefi frá sér brennanlegar gufur í nægjanlegu magni til þess að hægt sé að kveikja í þeim með utanaðkomandi neista- eða varmagjafa. Hraði uppgufunar við blossamark er þó ekki nægjanlegur til þess að bruninn haldist við heldur blossar hann aðeins yfir yfirborð efnisins í örstutta stund og slokknar svo. Þegar komið er niður fyrir blossamarkið er ekki fyrir hendi nóg af uppgufuðum efnunum til þess að kviknað geti í.

Blossamark bensíns er til dæmis -40°C, en blossamark díselolíu 55°C.

2.6.2 Brunamark

Við ákveðið hitastig, oftast örfáum gráðum fyrir ofan blossamarkið, er uppgufun brunagastegundanna orðin nógu hröð til þess að bruninn í gufunum geti viðhaldið sér eftir að kveikt hefur verið í þeim með utanaðkomandi varmagjafa. Þetta hitastig er nefnt brunamark.

2.6.3 Íkveikjumark/sjálfsíkveikjumark

Með orðinu íkveikjumark (stundum kallað sjálfsíkveikjumark) er átt við það lágmarkshitastig sem nauðsynlegt er til þess að eldur kvikni í efni án utanaðkomandi aðstoðar. Ef bensín er hitað upp í 400°C kviknar í því án þess að utanaðkomandi varma- eða neistagjafi komi til, eldur kviknar í steinolíu þegar hún hefur verið hituð upp í u.þ.b. 520°C. Sjálfsíkveikjumark bensíns er því 400°C en steinolíu u.þ.b. 520°C. Íkveikjumark/sjálfsíkveikjumark er alltaf mun hærra en blossomark.

2.6.4 Sjálfshitnun/sjálfsíkveikja

Vegna þess að varmi verður til við oxun er hugsanlegt að hann safnist í eða umhverfis oxandi efni ef þau eru nægjanlega einangruð frá umhverfinu. Fyrsta skilyrðið fyrir sjálfshitun er að viðkomandi efni oxist auðveldlega. Fernisolía (notuð til þess að bera á viðargólf og viðarhúsgögn) er gott dæmi um efni sem oxast þegar það þornar. Ef fernisolían þornar á opnu, vel loftuðu svæði dreifist oxunarvarminn jafnóðum. En nú skulum við hugsa okkur að klútur sé vættur í olíumálningu (blandaðri fernisolíu), honum vöðlað saman og hann síðan hafður þar sem loft kemst ekki að honum og varminn sem myndast við oxunina kemst ekki í burtu. Oxunin heldur áfram og meiri varmi myndast. Varminn hraðar oxuninni og við það myndast enn hærra hitastig. Að lokum er varminn orðinn svo mikill að íkveikjumarki klútsins er náð.

Svipuð ferli geta átt sér stað í heyllöðum, korngeymslum, ruslabingjum, öskuhaugum og hausum þvepla sem notaðir eru til að þrifa olíusmituð gólf (ef þeir eru geymdir þar sem loftræsting er léleg).

Líkt og hey bóndans sem oxast og hitnar, getur eldur kviknað í olíublautum tuskum og fleiri hlutum sem maðurinn hefur kastað frá sér út í horn.

Sjálfsíkviknun verður vegna efnabreytingar sem á sér stað í efninu þegar rétt skilyrði eru fyrir hendi. Algengast er að þetta gerist mjög hægt en þó eru undantekningar þar á. Rétt er að benda á að sjálfsíkviknun getur átt sér stað við töluverðan kulda, við stofuhita sem og í verulegum hita, allt eftir eðli og sjálfsíkveikjumarki efnisins.

Til þess að sjálfsíkviknun geti orðið verða eftirfarandi atburðir að eiga sér stað:

- Hitamyndun í efninu verður að vera næg til þess að hækka hitastig efnisins að sjálfsíkveikjumörkum þess.
- Súrefni í kringum efnið verður að vera nægilegt til þess að eldur geti kviknað (yfir 14-16%).
- Einangrunin í efninu eða í kringum efnið verður að vera nægileg til þess að viðhalda þeim hita sem myndast í efninu.

2.6.5 Ofurhvarfablöndur (Hypergolic Mixtures)

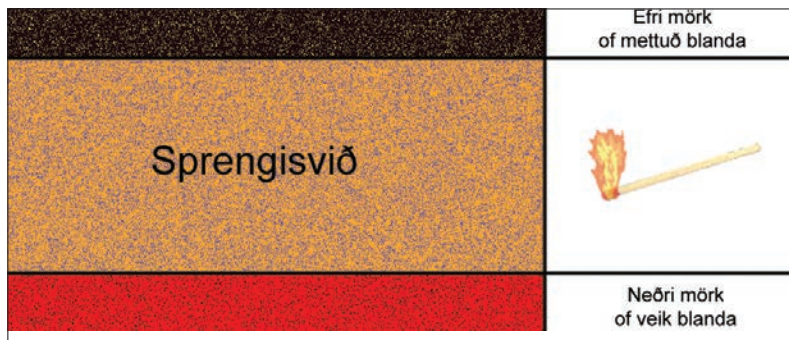
Þegar talað er um ofurhvarfablöndur (hypergols) er átt við sérstakar tegundir eldsneytis og oxara sem eru notaðar saman til að knýja sumar tegundir flugskeyta. Í efnunum kviknar þegar þau blandast. Ekki þarf neinn utanaðkomandi neista eða eld. Blöndur eldsneytis og oxara sem ekki hvarfast saman og ekki kviknar í við blöndunina eru nefndar anergols.

2.6.6 Bruni vegna samþjöppunar

Ef gufum frá eldfimum vökva er þjappað saman mjög hratt getur myndast svo hátt hitastig að það nær íkveikjumörkum efnisins og þannig kviknar í gufunum. Samþjöppunarhitinn nær t.d. íkveikjumörkum í dísilhreyfli þegar stimpill vélarinnar þjappar saman eldsneytismettaðri loftblöndu og kveikir þannig í henni án utanaðkomandi neista eða varmagjafa. Dísilolía hentar vel til slíkrar brennslu því íkveikjumark hennar er tiltölulega lágt en bensín hefur aftur á móti töluvert hærra íkveikjumark og hentar því illa til brennslu þar sem samþjöppunarhiti er eini varmagjafinn.

2.6.7 Sprengimörk – sprengisvið

Þegar eldfimar gufur blandast lofti er hægt að tala um tvenns konar mörk í því sambandi. Ef svo lítið er af gufunum í loftinu að ekki getur kviknað í blöndunni er sagt að magn þeirra nái ekki lægri sprengimörkum. Hins vegar er talað um efri sprengimörk þegar svo mikið er af gufunum í loftinu að súrefnið er of lítið til þess að kviknað geti í blöndunni, þ.e. blandan er of rík til að geta brunnið. Bilið milli þessara marka er kallað sprengisvið. Á því bili er hæfilega mikið af súrefni í blöndunni til þess að hægt sé að kveikja í henni. Á ákveðnum stað í sprengisviði blöndunnar er svo eðalblanda hennar. Þar eru kjöraðstæður til þess að kviknað geti í blöndunni, sjá mynd 2.11. Sprengisvið efna er mjög mismunandi, t.d. er sprengisvið 92 oktana bensíns tiltölulega þröngt eða frá 1,5% til 7,6%. Ef meira en 7,6% af bensíngufum er fyrir hendi í blöndunni brennur hún ekki. Acetelynegas hefur miklu víðara sprengisvið eða 2,5% til 100%. Það ber að athuga að ein algengasta lofttegund sem myndast við eldsvoða er kolmonoxíð (CO), en hún hefur sprengisviðið 12,4% til 74%.



Mynd 2.11 Sprengisvið. Myndin sýnir að einungis getur kviknað í gasinu séu blöndunarhlutföll við súrefni rétt.

2.7 Uppsprettur hita

Hiti er form orku sem í eðli sínu knýr heiminn áfram. Það er hiti sem veldur samruna efna á frumeindastigi og það er hiti sem myndast þegar þau bönd rofna aftur. Þar sem hiti er kraftur í formi orku er hvorki hægt að búa hann til né eyða honum. Hiti er einfaldlega bara áþreifanlegt merki þess að orka hafi breyst úr einu formi í annað. Fyrirbærið hiti sprettur úr fjórum grunnþáttum. Þó sumar uppsprettur hita séu algengar og vel þekktar í hinu hversdagslega lífi eru aðrar sem við skiljum alls ekki svo vel. Hinar fjóru grunnuppsprettur hita-myndunar eru efnahvörf, núningur, rafmagn og kjarnorka.

2.7.1 Hiti orsakaður af efnahvörfum

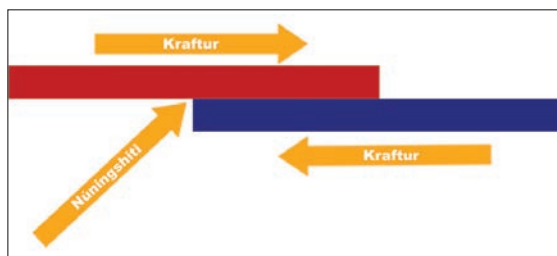
Hiti sprottinn úr efnahvörfum er algengastur í starfi slökkviliðsmanna ef litið er til hinna fjögurra grunnuppsprettu. Hitinn er aukaafurð sem verður til í þeirri efnasundrun sem verður við hraða oxun (eld).

Allt sem brennur brotnar niður með efnafræðilegu ferli, þ.e. sameindir efnisins losna hver frá annarri og hiti verður til sem aukaafurð. Allir hlutir sem brenna, brenna í gegnum ferli sem kallað er hitasundrun (pyrolysering), sem er niðurbrot eða umbreyting efna úr einu formi í annað, orsakað af hita.

Rétt er að hafa í huga að við þessa umbreytingu efna geta orðið til efnasambönd sem eru afar hættuleg heilsu manna og því nauðsynlegt að nota öndunarbúnað þegar við á.

2.7.2 Hiti orsakaður af vélbúnaði

Önnur uppsprettu hita er vélbúnaður. Núningur getur leitt af sér svo mikinn hita að hann kveikir í þeim brennanlegu efnum sem umhverfis eru, sjá mynd 2.12. Uppsöfnun hita frá núningi veldur oft einnig bruna í vélbúnaðinum sjálfum. Þar sem þessi hitauppsöfnun getur leitt til ofhitunar eða jafnvel bruna, eru ýmsar leiðir notaðar til þess að færa hitaorkuna sem myndast frá upphafspunktinum. Þetta er gert til dæmis með því að leiða hitann burt með vatni eða öðrum kælifnum. Þar með flyst orkan frá einu efni í annað. Þegar eldur er slökktur er vissara að fullvissa sig um að uppsprettu hitans hafi verið stöðvuð. Þó að vissulega sé hægt að slökkva eldinn án þess að hitauppsprettan hafi verið stöðvuð, eru miklar líkur á því að eldurinn taki sig upp aftur sé það ekki gert.



Mynd 2.12 Núningshiti. Hæglega er hægt að framleiða hita, bæði með núningi og þjöppun.

2.7.3 Hiti orsakaður af rafmagni

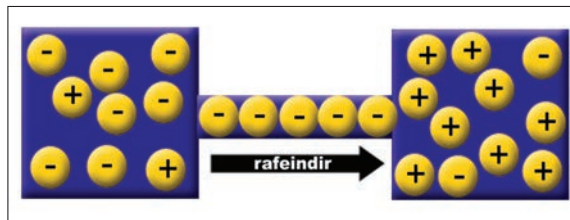
Rafmagn er sennilega einhver best þekkta hitauppsprettan sem við höfum. Rafmagn er nýtt til æði margra hversdagslegra hluta, til að mynda eldamennsku, lýsingar, húshitunar o.fl. Við getum augljóslega séð hitaorkuna frá rafmagni á eldaveðlarhellunni þegar hún glóðhitnar og geislar hita frá sér.

Rafmagn er einfaldlega flæði rafeinda frá stað, hlöðnum rafeindum, til staðar þar sem vöntun er á rafeindum. Þeir staðir þar sem gnægð er af rafeindum eru kallaðir mínus-hlaðnir, öfugt við þá staði þar sem vöntun er á rafeindum, en þeir eru kallaðir plús-hlaðnir, sjá mynd 2.13. Flæði rafeinda getur leitt af sér hitamyndun. Það er í eðli rafmagns að reyna að viðhalda jafnri spennu með því að færa rafeindir frá hærri spennu yfir í lægri spennu. Algengast er að þetta gerist í gegnum rafmagnsleiðslur, en þannig flytjum við rafstraum milli staða. Þegar rafmagn ferðast eftir rafmagnsleiðslum er það ekki svo að rafeindir hoppa upp á sitt einsdæmi frá einni frumeind til annarra, heldur má segja að ákveðin keðjuverkun fari af stað þar sem rafeind hoppar yfir á frumeind sem veldur svo því að sú rafeind sem var fyrir á þeirri frumeind hoppar frá henni og yfir á næstu og svo koll af kolli. Þegar rafeindir ferðast eftir rafmagnsleiðslu, flytjast þær eftir frumeindunum sem byggja upp rafmagnsleiðsluna. Á meðan þetta ferli stendur yfir eru billjónir rafeinda að hoppa milli frumeinda og óhjákvæmilega verða árekstrar. Þessir árekstrar verða því svo valdandi að rafeindirnar fara ekki rétta leið og rekast á sameindir rafmagnsleiðslunnar og valda þar efnasundrun. Við þessa efnasundrun losnar orkan sem hélt sameindinni saman í formi hita. Mjög mismunandi er hversu mikill hiti verður til í raflögnunum eftir því hver eðlismassi efnisins, sem notaður er í raflagnirnar, er og hvaða efni notað er til þess að einangra raflagnirnar. Þau efni sem hitna auðveldlega eru yfirleitt ekki góð til rafmagnsleiðslu. Eftir því sem hitinn í efnunum er meiri þeim mun meiri ringulreið verður í flutningi rafeindanna milli frumeindanna í rafmagnsleiðslunni. Góður rafleiðari hitnar minna þar sem rafeindirnar flytjast tiltölulega óhindrað og árekstrar milli rafeinda og sameinda verða færri.

Ágætis þumalputtaregla um leiðni er að því þyngra sem efnið er, því betri rafleiðni hefur það. Til dæmis leiðir málmur rafmagn vel, en dúnn illa. Það er þó ekki bara þyngd efnisins sem ræður leiðni þess heldur hefur eðlisþyngd mest um það að segja.

Raforka er uppspretta hita. Áriðandi er fyrir slökkviliðsmenn að átta sig á þeim fornum raforku sem þeir geta komist í tæri við. Augljóslega geta það verið eldingar, ljósbogar, rafmagnsleiðslur, rafmagnstöflur, rafmagnsinntök í byggingar o.fl. Stöðurafragn getur einnig verið varasamt, sérstaklega þar sem um eldfimar gastegundir er að ræða. Við getum fengið blossa frá stöðurafragn þegar mismunandi efnum er nuddað saman, þau skröpuð eða skyndilega sameinuð eða tekin í sundur. Með þessum aðgerðum losnar núningshiti úr læðingi

Mynd 2.13 Rafmagnsflæði. Rafmagn er einfaldlega flæði rafeinda frá stað, hlöðnum rafeindum, til staðar þar sem vöntun er á rafeindum.



og getur einnig breytt hleðslum rafeinda á yfirborði þeirra efna sem unnið er með. Rafeindir frá einu efni fara yfir á það næsta og þegar nægilega mikið af þeim hefur safnast fyrir reyna þær að jafna út hleðslunni með því að stökkva yfir bilið til baka með þeim afleiðingum að stöðurafmagnsblossi myndast. Þessi stöðurafmagnsblossi getur náð hitastigi yfir 1100°C. Þó að þetta hitastig sé hátt miðað við hitamælingar deyr blossinn út nánast jafn fljótt og hann kviknaði og er ekkert sérlega hættulegur sem brunavaldur í föstum efnum. Séu eldfimar gastegundir hins vegar til staðar getur þessi smái neisti valdið íkviknun í þeim með ófyrirsjáanlegum afleiðingum.

2.7.4 Hiti orsakaður af kjarnorku

Lengi hefur verið deilt um hvort óhætt sé að nota kjarnorku sem orkugjafa.

Í raun breytist öll kjarnorka sem við notum fyrst í hita. Ástæðan fyrir því að kjarnorka framleiðir hita er í grundvallaratriðum sú sama og lýst hefur verið hér á undan. Geislavirk efni eru mjög óstöðug og brotna í sífellu niður samtímis því sem þau reyna að mynda efnasambönd. Í þessu ferli fljúga frumeindir, í bókstaflegri merkingu, um það rými sem þau eru í á algjörlega tilviljunarkenndan hátt. Þegar efnið er lokað inni í þéttu rými sem kallað er kjarni, haldast frumeindirnar inni í geislavirka efninu. Kjarninn er gerður úr þéttu efni, mjög oft blýi. Þegar þörf þykir á því að nýta orkuna, er geislavirka efnið tekið úr kjarnanum (oft í formi stanga). Stöngin er tekin út úr kjarnanum og fyrirfram ákveðnum skammti af orku hleypt út í kælivatn sem umlykur kjarnann. Orkan sem losnar út í vatnið í formi hita umbreytir vatninu svo í gufu, sjá mynd 2.14. Gufan snýr síðan túrbínunum sem framleiða rafmagn. Eftir því sem þörfin eftir gufu eykst eða minnkar eru stangirnar ýmist dregnar út eða ýtt inn í kjarnann. Þegar stöngunum hefur verið að fullu stungið inn í kjarnann aftur er hann orðin þéttur og lokaður.

Það er ekki margt sem slökkviliðsmenn geta gert til þess að slökkva í eldum sem hafa kviknað út frá kjarnorku án þess að verða fyrir skaða.



Mynd 2.14 Gufustreymi frá kjarnorkuveri. Myndin sýnir gufustreymi upp úr strompum kjarnorkuvers, þar sem geislavirk efni hafa verið notuð til þess að umbreyta vatni í gufu sem síðan knýr rafmagnstúrbínur áfram.

Í kjarnorkuslysinu í Chernobyl í Rússlandi varð bráðnun í kjarna vegna þess að yfirborð kælivatnsins var of lágt til þess að taka við hitanum frá geislavirku stöngunum sem notaðar voru. Hitinn bræddi síðan kjarnann og afhjúpaði þar með geislavirku stangirnar. Þar sem stangirnar voru nú afhjúpaðar jókst hitinn meir og meir sem leiddi til algjörar bráðnunar í kjarnanum (meltdown).

Ef hiti upprunninn frá kjarnorku veldur íkveikju er

fátt fyrir slökkviliðsmenn að gera annað en að vernda svæði sem ekki hafa orðið fyrir geislun, rýma svæði og fá sérþjálfaða tæknimenn til þess að stýra og eða sjá um aðgerðir á vettvangi. Án viðeigandi skjólfatnaðar er hættu á að fólk verði fyrir varanlegum skaða, jafnvel dauða, eftir að hafa komið nærri geislavirku efni.

Þó svo að við höfum ekki kjarnorkuver hér á landi er samt sem áður mögulegt að verða fyrir geislun. Hér á landi er að finna geislavirk efni til dæmis í röntgenmyndavélum spítalanna og á tilraunastofum. Einnig getum við aldrei sagt með fullkominni vissu hvað getur rekið á fjörur okkar Íslendinga úr hafinu.

2.8 Varmi og hiti (hitastig)

Samkvæmt eðlisfræðinni er varmi eitt form orku. Varmi er orka sem flyst frá einum hlut eða kerfi til annars vegna mismunandi hitastigs þeirra. Hiti er ákveðið ástand hlutar og er mældur í hitastigum, t.d. gráðum á Celsíus.

Eðlisvarmi efnis segir til um hæfileika þess til að taka til sín varma. Þótt vatn brenni ekki getur það samt sem áður tekið til sín mikinn varma. Það sem þarf til þess að hita efni er varmi, sem er ein tegund orku og er hún mæld í einingunni joule (J). Til þess að hita eitt gramm af vatni um eina gráðu þarf orku sem nemur um það bil 4,2 J.

Eðlisvarmi er skilgreindur sem hlutfallið á milli þess varma sem þarf til þess að hita ákveðið magn af tilgreindu efni annars vegar og sama magn vatns hins vegar um jafnmargar gráður.

Á sama hátt og miðað er við loft þegar borin er saman eðlisþyngd uppgefð aðra efna er miðað við vatn þegar eðlisþyngd er borin saman. Eðlisvarmi vatns er 1,0. Eðlisvarmi annarra efna er mismikill. Tölur sem gefa til kynna eðlisvarma efnis segja til dæmis til um hve mikinn varma þarf til þess að hita efnið upp að hættumörkum (blossamarki), svo og hve mikinn varma þarf til þess að kæla heitt efni niður fyrir hættumörk.

Ein ástæða þess hve vatn er áhrifaríkur slökkvimiðill er sú að eðlisvarmi þess er óvenju hár miðað við önnur efni.

Efni er því fljótara að taka við varma úr umhverfinu sem yfirborð þess er stærra. Við skulum hugsa okkur að ísteningur sem er þrír sm á hvern veg sé settur í glas með vatni í. Alllangur tími líður þar til teningurinn er búinn að fá í sig þann varma sem hann getur tekið til sín enda er yfirborð hans ekki nema 54 sm². Ef við aftur á móti hlutum teninginn niður í 27 smærri teninga sem eru einn sm á hvern veg, hver um sig, verður yfirborð þeirra samanlagt 162 sm². Þetta fyrirbrigði á einnig við um vatn í fljótandi ástandi. Vatn í dropatali, t.d. í úða, tekur til sín varma úr umhverfinu mörg hundruð sinnum hraðar en vatn sem kemur sem buna úr beinum stút. Skilningur á fyrirbrigðinu eðlisvarmi auðveldar okkur að skilja hvers vegna fínn vatnsúði tekur svo vel við varma.

Ef hitinn flyst ekki burt frá efni sem oxast, eykst hann jafnt og þétt og við það margfaldast hraði efnahvarfanna. Ef hitinn eykst um 10°C, tvöfaldast hraði efnahvarfanna.

2.9 Brunagas

Með brunagasi er átt við efni sem verða loftkennd við bruna. Flest brennanleg efni innihalda kolefni en það myndar koltvísýring (CO_2) og kolsýring (CO) við bruna. Það sem ræður mestu um hvers konar brunagas myndast er efnafræðileg samsetning eldsneytisins, svo og hversu mikið súrefni er til staðar á meðan á brunanum stendur og hve mikill hiti myndast við brunann. Hægt er að brenna kolefnið í flestu brennsluefni fullkomlega ef aðstæður eru hagstæðar. Miklu máli skiptir að hlutfall uppgefðra efna og súrefnis sé sem allra næst réttu lagi. Þá myndar svo að segja allt kolefnið koltvísýring.

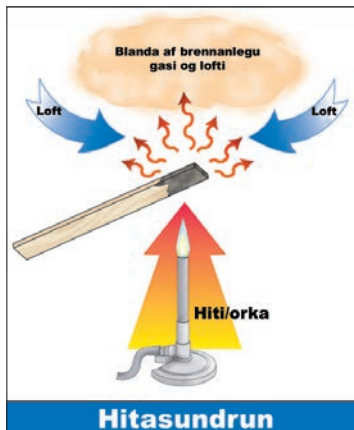
Efni sem myndast við bruna eru oftast einhvers konar oxíð þar sem súrefnið hefur gengið í samband við hin ýmsu efni í eldsneytinu. Í bruna sem við þekkjum úr daglegu lífi er helsta efnið yfirleitt frumefnið kolefni, C, sem myndar koltvíldi eða koltvísýring, CO_2 , ef bruninn er fullkominn sem kallað er, þ.e.a.s ef efnahvörfin ganga alla leið. Þetta efni er bæði ósýnilegt og lyktarlaust gas við stofuhita og óskaðlegt lífverum.

Ef bruninn er hins vegar ófullkominn, til dæmis vegna þess að hiti er ekki nógur, eldsneytið ekki nógu gott eða streymi súrefnis að brunanum ekki nægilegt, þá getur myndast kolmónoxíð, CO, sem er ósýnilegt og lyktarlaust en hins vegar baneitrað.

Annað merki um ófullkominn bruna er sót sem myndast og margir kannast við. Sem dæmi um fullkominn og ófullkominn bruna má taka það ferli sem á sér stað í lokuðum ofni. Þegar kveikt er upp í köldum ofni er bruninn tiltölulega tregur og mikið sót myndast. Eftir því sem ofninn hitnar verður bruninn fullkomnari og sótmýndunin hættir. Ofninn trekkir þá betur og sýnilegur reykur verður minni.

Í brunagasinu (reyknum) finnast mörg eiturefni, allt eftir því hvað er að brenna. Brunagas frá lífrænum efnem sem eru að brenna inniheldur ýmis efnasambönd vetnis, metangass, tjöru og vatnsgufu, ásamt því að innihalda koltvísýring og kolmónoxíð eins og greint

var frá hér á undan.



Mynd 2.15 Hitasundrun. Hitaþjafi hitar efnið upp að því marki að brennanlegar gastegundir stíga upp af því. Þetta ferli kallast hitasundrun.

2.10 Hitasundrun (Pyrolisering)

Hitasundrun verður þegar efni hitnar upp að ákveðnu marki (misjafnt eftir efnem) og sameindir efnisins byrja að hreyfast og klofna við þær tengingar efnisins sem veikastar eru. Sameindirnar klofna upp í minni sameindir og mynda þar með rokgjörn efnasambönd sem stíga upp frá efninu sem brennanlegar gastegundir.

Það er vegna hitasundrunar að efni brenna, hvort sem þau eru af lífrænum

toga eða þau samanstanda af gerviefnum. Mjög misjafnt er eftir efnisgerðum við hvaða hitastig hitasundrun hefst.

Hitasundrun í viðarefnum getur orðið við 100 – 250°C. Á meðan á hitasundruninni stendur brotna sameindir efnanna niður í smærri sameindir. Við það að brotna niður losna þær frá efninu og stíga upp sem gastegundir. Þau efni sem verða óstöðug í lífrænum efnum og brotna niður við hita eru efni eins og tréni/bedmi, sem er helsta trefjaefni plantna.

Þær afurðir sem stíga upp af viðartegundum við hitasundrun samanstanda af tjöru, efnasamböndum vetnis og kolefnis, metangasi (CH₄), vatnsgufu, koltmónoxíði (CO) og koltvísýringi (CO₂). Það sem eftir stendur af efninu eru kol-efni og aska.

Sundrun eldfimra vökva yfir í gasform er mun einfaldara efnafræðilegt ferli en hitasundrun fastra efna. Þar eru sameindir efnanna mun smærri en sameindir fastra efna og eiga því auðveldara með að stíga upp af efninu sem gastegundir. Efnasundrun flestra eldfimra vökva er uppgufun.

Heimildir

- Brandfariga Heta Arbeten, Harald Ullman, Svenska Brandförsvärsföreningen 2000.
- Brandgasventilation, Stefan Svensson, Räddningsverket 2000.
- Brandkunskap, Keje Gustafsson, Staffan Nylander, Urban Duhren, Max Ljun, Svíþjóð 1999.
- Brandkunskap, Krister Giselsson, Mats Rosander, Svíþjóð 1987.
- Drög að bókinni, Með lífið að veði, Höskuldur Einarsson.
- Eðli elds, þýtt að hluta úr Essential of fire fighting af Ástvaldi Eirikssyni, Brunamálaskólinn, með leyfi OSH
- Efnaköfun og upplýsingar um hættuleg efni, Félag slökkviliðsstjóra.
- Essentials of fire fighting, fourth edition, International fire service training association, IFSTA
- Fire Dynamics, Dugal Drysdale, 1990
- Fire protection guide to Hazardous materials, twelfth edition, National fire protection association, 1997.
- Firefighter's handbook, Essentials of firefighting and emergency response, Tomson Learning, Delmar, 1999.
- Inomhusbrand, Lars-Göran Bengtsson, Räddningsverket 2001.
- Julia Ondrus, Bo Johansson, Brandteori, Räddningsverket 1996.
- Raunhæf þjálfun í að berjast við eldsvoða og yfirtendrun. Evrópuverkefnið Leonardo da Vinci, Leonardo da Vinci sjóðurinn.
- Rök- og kemdykning, Curt Malmsten, Mats Rosander, Svenska Brandförsvärsföreningen 2000.
- The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineers, 1988.
- WWW,Vísindavefurinn, Þorsteinn Vilhjálmsson, 2003.