

# Lagring af flis på havneområder

Pieter D. Kofman, senior konsulent træ til energi, Danish Forestry Extension A/S

Maj-juni 2018

## 1. Indledning

Importen af flis er steget betragteligt de seneste år og forventes at stige yderligere i de kommende år. Der er ikke længere skov nok i Danmark til at forsyne alle værker, såvel eksisterende som nytilkomne med de mængder flis de behøver. Derfor importeres der mere og mere flis fra udlandet, fortrinsvis med skib.

Danske varmegærker foretrækker flis med et vandindhold mellem 30 og 55%, men det kan forekomme at partier flis som er tørrere skal oplagres. Det meste af denne rapport omhandler derfor flis med et vandindhold mellem 30 og 55%, men også tørrere flis beskrives for at give et komplet billede.

På grund af import med skib er der behov for at oplagre flis på havneområder og også hos forbrugerne (varmegærker).

På havneområder oplagres flisen fortrinsvis under åben himmel, mens det hos varmegærker oftest ligger i en lagerbygning. Havneområder fungerer således som mellemlager hvor flisen ligger i kortere perioder indtil der er plads på varmegærket. Det kan forekomme at flis bliver leveret til havnen om sommeren og at det først skal bruges om efteråret eller vinteren. Dermed forlænges lagringsperioden fra et par måneder til op til et halvt år.

Der er væsentlig forskellige måder at lave korttidslagring (op til 2 måneder) eller langtidslagring (op til 6 måneder) på.

Næsten alle flis lagre genererer varme, men det afhænger af mange faktorer hvor varmt det bliver i en flisstak. Derfor beskrives først processerne som optræder naturligt i flis.

## 2. Processer i flisstakke

Næsten alle flisstakke genererer varme af sig selv, det skyldes biologiske og i sjældne tilfælde kemiske processer.

Selv-opvarmning er i første omgang en biologisk proces i flere trin:

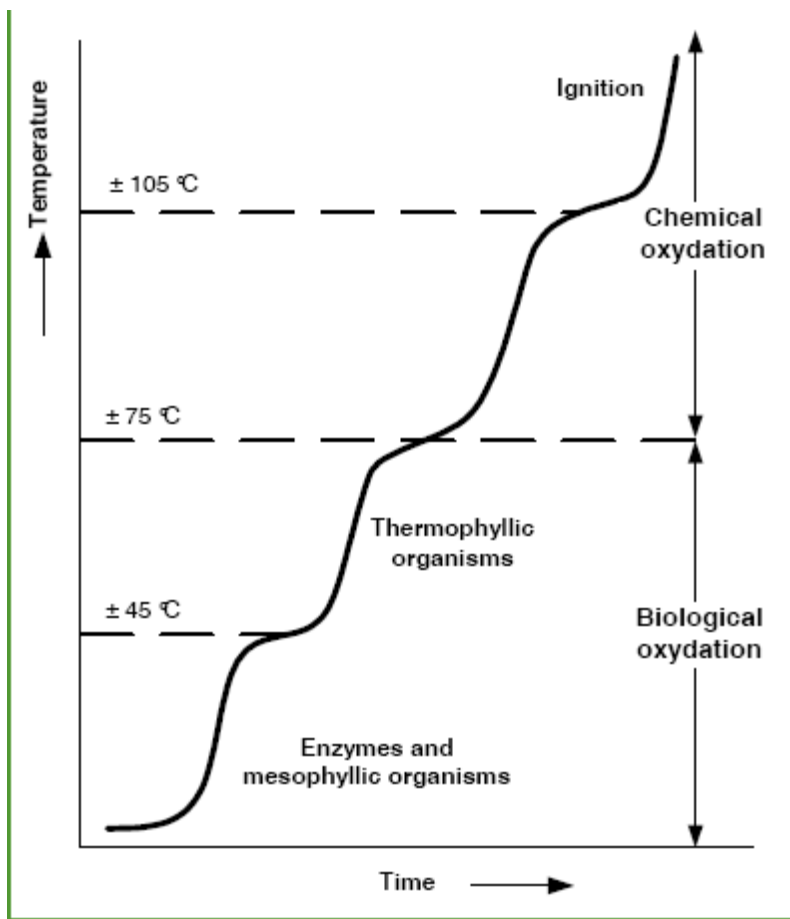
- I første omgang er det de levende celler som stadig afgiver lidt vand og varme
- herefter er det bakterierne som tager over. Bakterierne spiser lidt af træet og udvikler CO<sup>2</sup>, vand og lidt varme. De forbereder træet til svampene.
- herefter er det mesophilic svampe, som spiser lidt mere træ og som hæver temperaturen til omkring 45 grader (mesophilic: lavt varme elskende)
- ved denne temperatur er det thermophilic svampe som tager over og får temperaturen til at stige til 75-80 grader. Også disse svampe spiser lidt af træet og danner CO<sup>2</sup>, vand og varme (thermophilic: varme elskende)

Normalt dør alle svampe og bakterier ved 75-80 grader, men inden de dør danner de store mængder sporer til at formere sig når omstændighederne ændrer sig. Det er disse sporer som kan være til gene hos dem som arbejder med flisen.

I meget sjældne tilfælde kan temperaturudviklingen fortsætte, men det er så en kemisk proces som tager over. Når temperaturen i stakken er steget til omkring 250 grader, kan der ske selvantændelse.

Det afhænger mest af fugtindholdet og mængde af næringsstoffer i flisen hvor hurtigt varmeudviklingen sker. Våd flis med et højt indhold af næringsstoffer (som grønflis med masser af grønne nåle eller pileflis) genererer meget hurtig varme. Her kan temperaturen stige til 75-80 grader indenfor et døgn. Når flisen er noget tørrere og ikke indeholder så mange næringsstoffer genererer stakken ikke så meget varme og det varer længere inden maksimum temperaturen er nået. Det varer mange uger hvis ikke måneder før temperaturen falder igen. Hvis man roder i stakken, starter processen forfra.

Hele udviklingen er skitseret i figur 1. Bemærk at det sidste trin på "stigen" er sjældent.



Figur 1 Mulig temperatur udvikling i en flisstak

Opvarmning af flisen i centret af stakken har den effekt at flisen i centret tørrer ud og at vandet flytter til ydersiden af stakken hvor den kondenserer. Der dannes således en våd yderskorpe med et højere fugtindhold end resten af stakken. Det alleryderste tynde lag flis

kan tørre ud på grund af solen, men lige under overfladen ligger så et relativt tyk lag på 30-50 cm meget våd flis. Det betyder at flisen er meget vanskeligt at antænde udefra.

Flisstakke har det med at sende vanddamp op i atmosfæren. Særligt synligt på kolde morgener kan der stå skyer af vanddamp ud af stakken. Det er ikke et faresignal, men helt naturligt.

Hvis der går selvantændelse i flis, er det således inderst i flisstakken og uden at der er synlige flammer. Flisen ligger i så fald og ulmer i centret af stakken. Flammerne bliver først synlig når man graver frem til ildstedet og der kommer rigelig med ilt til brandstedet

Det vil ikke hjælpe at pøse vand på flisstakken. Vandet kan ikke sive ned til ildstedet, men optages i stor stil af den flis det skal passere. Det eneste som sker, er at fugtindholdet i hele stakken kommer til at stige hvilket forringer (brænd)værdien af flisen.

Den eneste mulighed for at bekæmpe en selvantændt flisbrand er at fjerne alt sund flis rundt om brandstedet og sprede det ud til afkøling. Selve den ulmende flis kan så slukkes med så lidt vand som muligt. På den måde bevares flisens værdi som brændsel bedst muligt.

Man skal aldrig bruge havvand til at slukke en flisbrand. Havvand indeholder salt (som består af natrium og klor). Klor bliver meget korrosiv i fliskedler og kan ødelægge hele anlæg på kort tid.

### 3. Faktorer som har indflydelse på selv-opvarmning og selvantændelse

Der er mange faktorer som spiller ind om flis genererer varme og hvor meget. De vigtigste er:

- 3.1 Fugtindhold i flisen
- 3.2 Indhold af næringsstoffer
- 3.3 Varighed af lagring
- 3.4 Volumen af flis lagret
- 3.5 Højde af lagret
- 3.6 Kompaktering af flisen
- 3.7 Størrelsesfordelingen af flisen
- 3.8 Tilstedeværelse af metal genstande

#### 3.1 Fugtindhold i flis

Fugtindholdet i flisen er den vigtigste faktor. Uden fugt kan hverken bakterier eller svampe leve.

Fugt i træ findes i forskellige former:

- Kemisk bundet vand i træets molekyler, hvilket udgør ca. 8 % til 15 %. Det kaldes også for equilibrium fugtindholdet, som kun svinger lidt i forhold til omgivelserne. Det er det typiske fugtindhold i træ som anvendes i bygninger og til fremstilling af møbler.

- Vand i cellerne. Det er vand som findes i cellerne og som udgør mellem 10 og 28 % af træets fugtindhold. Ved 28% taler vi om fibermætningspunktet.
- Udover 28% taler vi om frit vand, som findes mellem cellerne og fibrene. Det kan være helt op til 65% i frisk fældet træ og afhænger af træart. Nåletræ har et noget højere vandindhold (55-65%) end løvtræ (37-47%).

Man kan inddele flis efter vandindholdet i nogle store grupper, som reagerer noget anderledes:

- Meget tør flis med et vandindhold mellem 8 og 15%
- Tør flis med et vandindhold mellem 15 og 28%
- Fugtig flis med et vandindhold mellem 28 og 35 %
- Meget fugtig flis med et vandindhold mellem 35 og 45 %
- Våd flis med et vandindhold over 45%

Flis med et vandindhold op til 28% genererer stort set ikke noget varme, men så snart der findes frit vand i flisen kan der opstå selvopvarmning.

Det er almindelig kendt viden at flis med fugtindhold lavere end 35 % har ringe risiko for biologisk nedbrydning, mens flis med et fugtindhold op til 45 % ikke bør lagres i mere end et par måneder. Våd flis med et fugtindhold på over 45 % bør brændes så snart som muligt - det vil sige indenfor nogle uger, fordi de biologiske processer kører meget stærkt.

Ved losning plejer man at udtage prøver til fugtbestemmelse. Såfremt fugtindholdet er over 45% bør flisen bruges så snart som muligt og er således ikke egnet til langtidslagring.

Bemærk at fugtindholdet i flis måles som et procent af totalvægten af prøven og ikke som procent af tørvægten som i træindustrien.

### 3.2 Indhold af næringsstoffer

Bakterier og svampe skal have noget at leve af. Rent træ uden bark og nåle/blade har et meget lav indhold af næringsstoffer. Bark indeholder flere næringsstoffer end ved, men ca 65-70 % af alle næringsstoffer i et træ befinder sig i nåle/blade.

Flis lavet af rundtræ indeholder lidt mere næringsstoffer end rent ved, men ikke så meget som flis lavet af heltræer inklusiv grene og toppe (og muligt nåle eller blade). I flis af heltræ kan der forekomme brune nåle eller blade. Det er mindre skadeligt end grønne nåle/blade.

Køber bør betinge af sælger at flisen indeholder meget begrænsede mængder af friske nåle eller blade og også at indholdet af brune nåle er begrænset. Det er ikke muligt at angive bestemte mængder da der ikke findes en egnet metode til at bestemme indholdet af nåle/blade i flis.

### 3.3 Varighed af lagring

Opvarmningsprocessen kræver tid og derfor er det muligt at oplagre relativt vådt flis i begrænsede perioder uden risiko for selvantændelse. De fleste varmekæder kræver flis med et fugtindhold som ikke overstiger 45% i gennemsnit på årsbasis. Særlig om vinteren vil

de meget gerne fyre med flis som ikke er så vådt. Siden flis indkøbes per energi-enhed (GJ) har man en stor interesse i at få transporteret så lidt vand som muligt og dermed relativt tør flis. Man må derfor forvente at flis som transporteres med skib normalt har et lavere fugtindhold end 45%

Såfremt flis har et fugtindhold omkring 45% er lagringstiden begrænset til maksimalt 2 måneder, gerne kortere. Flis med et fugtindhold på 35% eller lavere kan lagres i flere måneder uden større risiko for uheld.

### 3.4 Volumen af flis lagret

Selvantændelse af flis kræver store mængder flis. Små stakke på op til 2500 rummeter kan afgive varmen til luften og dermed er risiko for selvantændelse meget lav.

Det mulige volumen i en stak dikteres af fugtindholdet i flis. Hvis fugtindholdet er under 35% kan stakken være stor, men hvis den er omkring 45%, skal volumen være meget mindre

Større stakke på op til 5000 rummeter kan lagres uden de store problemer når fugtindholdet er lavt. Dog skal stakken overvåges ved at snuse til dampen som kommer til at stå ud af flisen. Hvis dampen lugter af brændt træ, skal man tømme lagret hurtigst muligt.

Adskillige steder i landet bliver store mængder (20.000 til 30.000 rummeter) flis oplagret til vinterbrug hvor flisen ligger i 3-6 måneder inden den er brugt op. Kendetegnet for disse flisstakke er at de bliver opbygget om sommeren, hvor fugtindholdet i flisen er lavt.

Såfremt flisen lagres mellem betonvægge op til 3-4 meter højde behøver cellerne ikke være adskilt af en brandvej. Betingelsen er dog at flisen ovenover væggen ikke rører ved hinanden. Selvom der opstår selvantændelse i en af cellerne, er det meget usandsynlig at ilden vil sprede sig til andre celler, fordi ilden ikke brænder på overfladen, men inde i centret af stakken.

### 3.5 Højde af flisstakken

Højden af flisstakken har indflydelse på ventilationen i stakken. Jo højere stakken er, jo vanskeligere er den interne ventilation.

Den bedste ventilation opnås ved stakke som er opbygget som en trekant i tværsnit. Et "bjerglandskab" med forskellige toppe skal undgås.

Generelt anbefales det at flisen ikke stakkes højere end 15 meter, men det betyder at man er nødt til at køre i flisen for at stakke det så højt op. Denne højde kræver så et lavt fugtindhold på 35% eller lavere.

Med en forlanger arm på gummigeden er det muligt at skubbe flis op i 8-9 meters højde uden at køre i flisen. Såfremt fugtindholdet ikke er over 45% kan denne højde godt bruges til korttidslagring, men med tiltagende fugtindhold, bør højden nedsættes.

I havne bruger man tit en havnekran til losning af skibe. Disse kraner har en stor rækkevidde og højde. De lossere flisen så løst i en stak uden at der bliver kørt i flisen. Dermed er det muligt at opnå lagerhøjder mellem 10 og 12 meter.

### 3.6 Kompaktering af flisen

Flere litteraturkilder nævner at kompaktering af flisen har en negativ indflydelse på luftgennemstrømning af flisstakken og dermed også nedkølingen gennem ventilation. Derimod siger man også at der bliver tilført ilt til processen ved løst oplag, som fremmer varmedannelsen. Det afhænger så af stakkens størrelse hvad effekten er af disse to faktorer.

Generelt kan det ikke anbefales at køre i fugtig flis, mens det ikke er et stort problem i relativ tør flis (<35%).

### 3.7 Størrelsesfordeling af flis partikler

Jo grovere flisen er, jo nemmere kan luft strømme igennem stakken og køle eventuel opstået varme væk. Forsøg med pileflis hvor man har sammenlignet varmeudvikling i flis snittet i forskellige længder (2,5 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm) har vist at varmeudvikling aftager med snitlængden. Flis med 10 og 20 cm snitlængde fulgte mere eller mindre temperaturen udenfor stakken, mens den korte flis på 2,5 cm meget hurtig genererede varme.

Fin snittet flis med mange små partikler har derfor større chance for at udvikle varme end flis med store partikler og lidt fint materiale.

Heldigvis vil de fleste varmeværker bruge så groft flis som muligt. Køberen bør opfordre leverandøren at lave så groft flis som muligt.

### 3.8 Tilstedeværelse af metalgenstande

I mange tilfælde hvor der har været selvantændelse i flisstakke har man fundet en metalgenstand ved ildstedet. Det antages at metaldele (jern, kobber osv) virker som en katalysator.

Metalgenstande kan komme fra maskiner, som bolte, møtrikker, eller stumper som river sig løs fra maskinerne. Eller de kan komme som forurening fra tidligere laster på skibe eller lastbiler.

Hvis flisen transporteres på et transportbånd fra skibet til oplagring, anbefales det at anbringe en magnet over flisstrømmen og at indbygge en stenfang, som ud over sten også kan fange non-ferro metaller.

Køber kan også betinge at flisen passerer en stenfang og magnet ved lastning af skibet.

## 4. Anbefalinger

Næsten al flis med et fugtindhold over 28% genererer varme af sig selv. Det bevirker at centret af stakken tørrer ud, mens vandet kondenserer i de yderste ca. 30-50 cm. Dette fugtige lag betyder at flisen er meget svært at antænde udefra.

Meget tør flis med et vandindhold under 15 % får ikke det våde yderlag og kan derfor antændes udefra og give anledning til overfladebrand.

Faren for selvantændelse i flis er dog meget lav hvis man overholder nogle få simple regler:

- Man skal kun langtidsoplagre flis, som har et fugtindhold på mindre end 35%.

- Flis med et fugtindhold mellem 35 og 45% kan oplagres i op til 2 måneder
- Tør flis (<35%) kan oplagres i højder på 10 meter, som så kræver at man kører i flisen til at stakke det op.
- Hvis tør flis losses med en havnekran er det muligt at stakke flis op til 10-12 meter højde uden at der bliver kørt i flisen.
- Fugtig flis (35 til 45%) kan lagres i op til 8 meter men skal så skubbes op uden at maskinen kører i flisen, eller man kan bruge havnekranen.
- Våd flis (>45%) bør kun oplagres i kort tid og bruges så hurtigt som muligt.
- Meget store flisstakke skal undgås, men stakke på op til 10.000 rummeter kan lagres, såfremt fugtindholdet er lav nok.
- Om muligt bør fugtig flis renses for metal genstande.
- Man skal bruge først-ind-først-ud-princippet så meget som muligt og man skal aldrig begrave gammel flis under nyt. Det vil sige at siloer altid skal tømmes inden ny flis kommer til.

## 5. Sammendrag

I nedenstående tabel er alle anbefalinger sammenfattet.

Fugtindhold*	<15%	15<x<28%	28<x<35%	35<x<45%	>45%
Lagringstid	6 m	6 m	6 m	2 m	Få uger
Stak højde, m	10-12	10-12	10-12	8	8
Stak volumen, rm	2500	5000	10000	5000	2500
Kørsel i flis	tilladt	tilladt	tilladt	Ikke tilladt	Ikke tilladt
Risiko for selvantændelse	ingen	ingen	Meget lille	lille	Stor hvis lagringstiden overskrides
Risiko for overfladebrand	stor	mellem	meget lille	ingen	Ingen

Note 1: fugtindhold i flis måles som procent af totalvægten, og ikke som i træindustrien som procent af tørvægten.

Note 2: 12 meters stak højde kun ved stakning med havnekran og uden at der køres i flisen.

Der behøves ikke være brandveje mellem celler hvor siden består af betonelementer med en højde på 3-4 meter såfremt flisen ovenover betonvæggen ikke rører ved hinanden og vandindholdet i flisen er over 28%. Ved meget tør og tør flis skal der være afstand mellem cellerne, eller mellemliggende celler skal enten være tomme eller fyldt med fugtig flis.

Sker selvantændelse, skal man ikke pøse vand på stakken i store mængder, men fjerne alt den sunde flis indtil man kommer til selve brandstedet. Denne begrænsede mængde flis kan så slukkes med så lidt vand som muligt og aldrig med havvand.

Overfladebrand i meget tør eller tør flis kan være vanskeligt at bekæmpe og her skal der bruges meget store mængder vand. Brug af havvand er her tilladt, da flisen efter slukning er ikke brugbar til fyringsformål.