



Datum

2016-05-03

Författare

Sven Gustafsson

# Återfuktning av torrhaltsprov

## Innehåll

|          |                                    |           |
|----------|------------------------------------|-----------|
| <b>2</b> | <b>SAMMANFATTNING .....</b>        | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>BAKGRUND.....</b>               | <b>4</b>  |
| <b>4</b> | <b>MÅL.....</b>                    | <b>4</b>  |
| <b>5</b> | <b>MATERIAL OCH METOD.....</b>     | <b>4</b>  |
| <b>6</b> | <b>RESULTAT .....</b>              | <b>5</b>  |
| <b>7</b> | <b>DISKUSSION .....</b>            | <b>9</b>  |
|          | 7.1 SLUTSATSER.....                | 10        |
| <b>8</b> | <b>LITTERATURFÖRTECKNING .....</b> | <b>10</b> |

## 2 Sammanfattning

Återfuktning av torrhaltsprov som torkats i ugn sker så fort provet tagits ut ur ugnen eftersom hygroskopiska torrhaltsprov försöker komma i jämvikt med sin nya omgivning - som har lägre temperatur och annan relativ luftfuktighet. I standarden för torkning av prover i torkskåp/ugn specificeras den maximala tiden mellan det att provet tas ur ugnen till torrvägning till maximalt 10-15 sekunder för att denna återfuktning ska minimeras. VMK:s tillämpningsanvisning ställer dock, av praktiska skäl, ett krav på torrvägning inom en minut från att provet tas ur ugnen.

I denna studie studeras hur snabbt torrhaltsprov återfuktas för att avgöra hur stor påverkan det har på torrhaltsbestämningen. Resultaten visar att återfuktningshastigheten beror på sortiment och huruvida provet förvaras i papperspåse eller metallform vid torkning. Även provens fraktionsfördelning, samt luftfuktigheten är faktorer som verkar påverka återfuktningshastigheten. Baserat på denna studie borde torrvägning ske inom några minuter för att minimera de systematiska felen samt göra arbetsgången praktisk vid torrvägning av en mängd prover. Sker torrvägningen inom en minut (som VMK förordar) blir avvikelserna mycket små. Torrvägning efter tio minuter, eller längre tid, i rumstemperatur rekommenderas inte då det kommer leda till systematiska överskattningar av provers torrhalt.

### 3 Bakgrund

I SDC:s instruktioner för bestämning av torrhalt och värmevärde behandlas ugnstorkning i kapitel 4.5.1. Instruktionen skriver att ugnstorkning ska utföras i enlighet med *SS 14774-2 Fasta biobränslen – Bestämning av fukthalt – Torkning i ugn – Del 2: Total fukthalt – förenklad metod*. Den standard som hänvisas till är dock sedan hösten 2015 ersatt med en ny standard; *SS-EN ISO 18134-2:2015*. Skillnaderna mellan dessa två versioner är dock marginella. Standarden föreskriver bl.a. att prover ska torrvägas omedelbart efter utförd torkning (inom 10-15 sekunder), medan de fortfarande är varma, för att undvika återfuktning.

I samband med pågående arbete med en tillämpningsanvisning till SDC:s instruktion för bestämning av torrhalt diskuterades denna fråga. Det framhölls att vägning inom 10-15 sekunder var orimligt av praktiska skäl, och att några minuter vore en lämpligare tid. Magnus Haapaniemi, VMF Qbera, utförde, med anledning av den diskussion som fanns, en ministudie på två platser inom Qberas område där återfuktningen för tre prover av grothflis i rumstemperatur testades. Magnus kom till slutsatsen att återfuktning av prover skedde med 2,2–2,8 gram/kilo torrsvikt under 10 minuter (Haapaniemi, 2015). Återfuktningshastigheten sjönk därefter under följande 10 minuter. Efter två timmar hade återfuktning skett med 10,6–11,2 gram/kilo torrsvikt.

I tillämpningsanvisningen blev det därför en medelväg som sattes på pränt – prover ska torrvägas inom 1 minut (SDC, 2015).

### 4 Mål

Målet med testerna var att utvärdera vilken påverkan det får på torrhaltsbestämningen om torr vägning inte sker i direkt anslutning till att provet tas ur torkskåpet utan får stå i rumstemperatur innan torr vägning sker. Målet var även att undersöka vilka faktorer som påverkar återfuktningshastigheten.

Syftet i nästa steg blir att analysera hur lång tid man kan vänta och ändå uppnå ett resultat som är tillräckligt noggrant men ändå bibehålla ett arbetssätt som är enkelt att använda i praktiken.

### 5 Material och metod

Testerna utfördes på totalt 18 torrhaltsprover av tre olika sortiment. De tre sortiment som ingick i testerna var grothflis, bark (riven) och RT-flis (returträ-flis). Proverna som insamlades togs ur bränslelagret på Gävle Energis värmeverk strax utanför Gävle. För varje sortiment insamlades prover från tre olika punkter i den lagrade massan. Vid varje punkt togs två separata prover; varav ett placerades i påse för torkning och ett i en metallform för torkning. Totalt samlades alltså sex prover per sortiment från olika delar av lagret, enligt uppdelningen i tabell 1.

**Tabell 1.** *Fördelning på prov, och typ av förvaring/behållare vid torkning.*

| Sortiment    | Prov som torkades i papperspåse | Prov som torkades i metallform | Summa antal prov |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Grotflis     | 3                               | 3                              | 6                |
| Bark         | 3                               | 3                              | 6                |
| RT-flis      | 3                               | 3                              | 6                |
| <b>Summa</b> | <b>9</b>                        | <b>9</b>                       | <b>18</b>        |

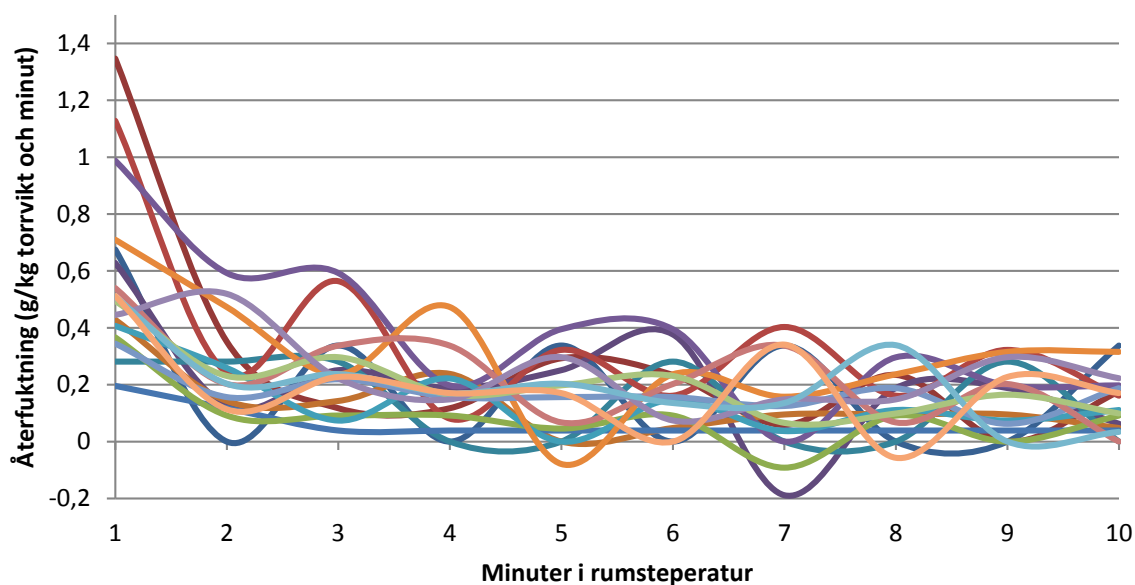
Råvägning av proverna skedde direkt efter provtagning på en krönt våg med en noggrannhet på 0,1 gram. För att minimera fel från tarering så fastställdes separata taravikter för alla de olika metallformarna som användes vid torkning. Dessa metallformar antogs ha konstanta taravikter även efter torkning. För de använda papperspåsar användes två olika taravikter för påsarna; en för påsarna innan torkning (råtara) och en för påsarna efter torkning (torrtara). Råtara fastställdes genom att väga 20 påsar av den typen som användes i testerna och beräkna påsarnas medelvikt. De 20 påsarna torkades därefter för att fastställa deras torrsvikt. Som torrtara användes medelvikten av de 20 påsarnas torrsvikt.

Torkning av proverna skedde i torkskåp under 24 timmar, med en temperatur på 105°C. Endast de 18 proverna som ingick i studien var med i den aktuella torkomgången. Vid torrsvängning lämnades torkskåpet igång och stängt mellan att de olika proverna vägdes. Varje prov torrsvängdes inom 10-15 sekunder från att de togs ut ur torkskåpet för att fastställa facit torrsvikten. Proven ställdes därefter i rumstemperatur och vägdes på nytt varje minut under de tio första minuterna. Därefter vägdes proverna var tionde minut tills en timme gått. Proverna vägdes därefter en sista gång efter två timmar.

Ett av proven som torkades i papperspåse var så stort (råsvikt på 950 gram) att det inte helt hann torka under 24 timmar i ugnen. Det fanns ingen möjlighet att låta provet torka ytterligare 24 timmar, varför detta prov togs bort ur studien. Totalt omfattade alltså vägningsstesterna och analyserna 17 torrhaltsprov.

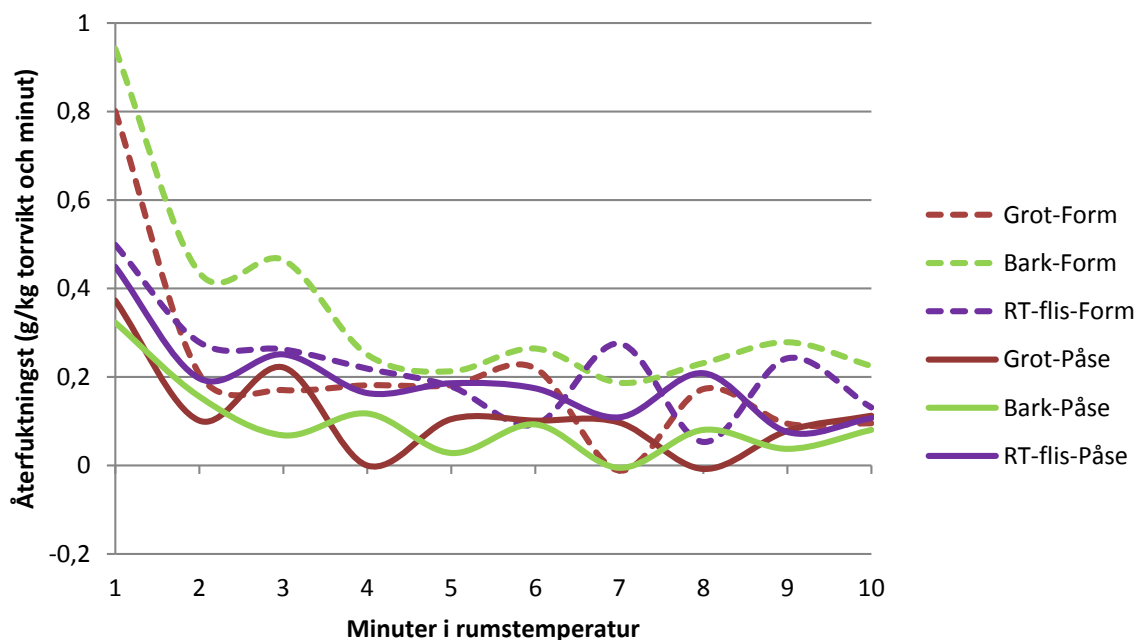
## 6 Resultat

Resultatet visar återfuktningen av prover sker som snabbast under de första 2-3 minuterna efter att provet tas ur ugnen (figur 1), men att variationen är stor mellan olika prover. Efter en minut i rumstemperatur hade proven ökat i vikt med mellan 0,20–1,35 gram/kg torrsvikt. Efter 2-3 minuter verkar återfuktningshastigheten stabiliseras mellan kring 0-0,4 gram/kg torrsvikt och minut. Den totala, kumulativa, återfuktningen av proverna under de tio första minuterna uppgick till mellan 0,62–3,85 gram/kg torrsvikt.



**Figur 1.** Återfuktningshastighet (gram/kg torrsvikt och minut) för de första tio minuterna i rumstemperatur för samtliga 17 prover som ingick i testet.

Som man kan se i figur 1 är det stora skillnader mellan olika prov. För att undersöka om det fanns några tydliga kopplingar mellan återfuktningshastighet och sortiment/typ av förvaring vid torkning så beräknades medelvärde för återfuktningshastighet för de olika sortimenten, uppdelat på påsar/formar. Resultatet visar tydligt att återfuktningshastigheten är större vid användning av formar än när förslutna papperspåsar används.



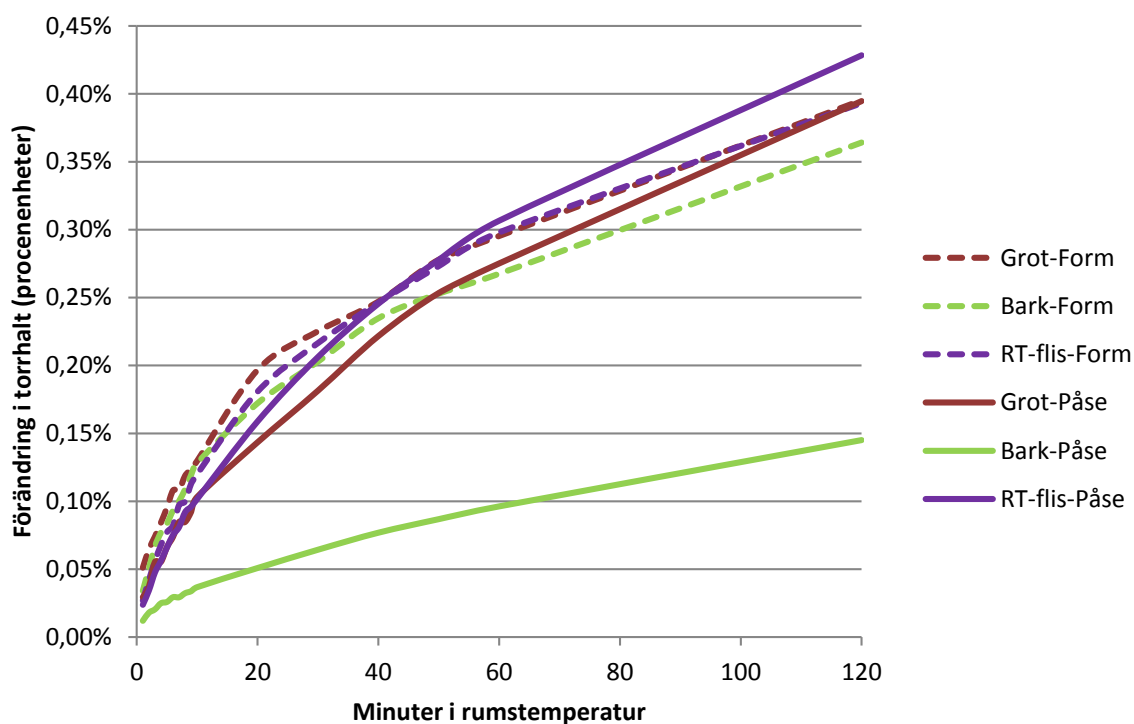
**Figur 2.** Återfuktningshastighet (gram/kg torrsvikt och minut) under de första tio minuterna i rumstemperatur, uppdelat på sortiment samt om papperspåse eller metallform använts vid torkningen.

Jämförelse med Haapaniemis tester visar att de värden som Haapaniemi kommit fram till ligger inom det intervall som denna studie fått fram. Variationen i denna studie är dock större, vilket beror att fler prover av flera sortiment testats, samt att både påsar och formar använts i testerna. De låga återfuktningvärden som vissa prover i denna studie uppvisar kan i de flesta fall kopplas till prover där väl förslutna papperspåsar använts för förvaring av provet i torkskåpet. Jämförelse mellan Haapaniemis tester och resultatet i denna studie, uppdelat på formar respektive påsar, kan ses i tabell 2.

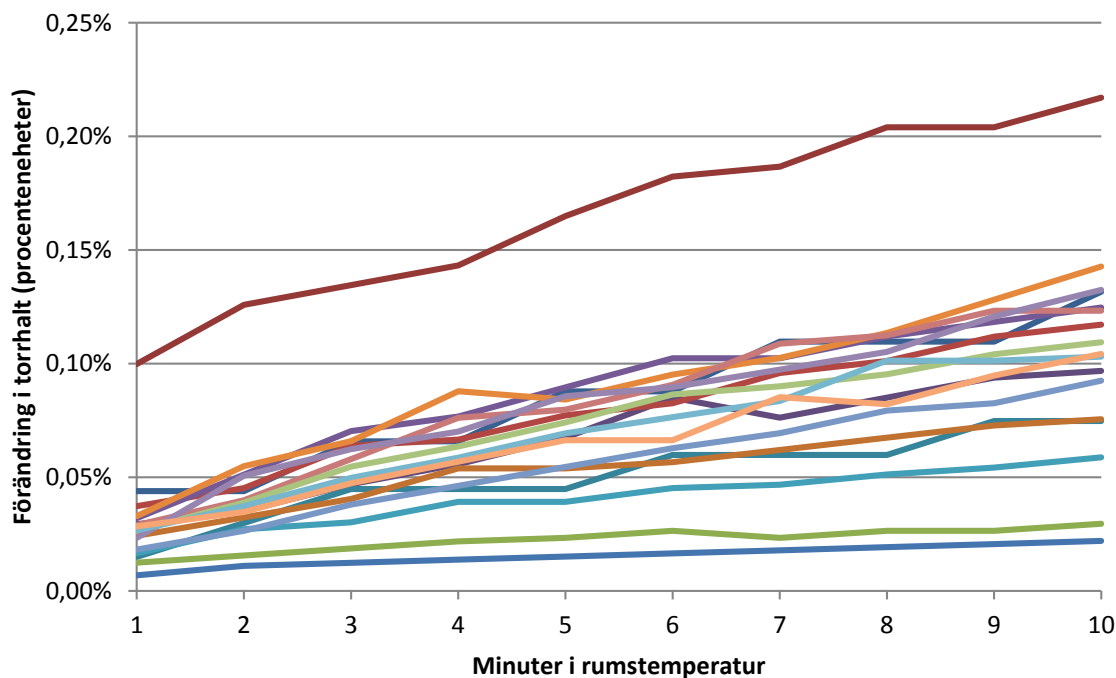
**Tabell 2.** Jämförelse i återfuktning mellan denna studie och de tester som gjordes av Magnus Haapaniemi (2015). Medelvärdet för de olika uppdelningarna visas i tabellen med max/min-värden för individuella prover inom parantes.

|                       | Återfuktning (g/kg torrsvikt)<br>efter 10 minuter i<br>rumstemperatur | Återfuktning (g/kg torrsvikt)<br>efter 120 minuter i<br>rumstemperatur |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Test av Haapaniemi    | 2,6 (2,2–2,8)                                                         | 10,9 (10,6–11,2)                                                       |
| Denna studie (påsar)  | 1,5 (0,6–2,0)                                                         | 6,1 (2,0–8,6)                                                          |
| Denna studie (formar) | 2,6 (1,3–3,8)                                                         | 8,0 (5,4–11,2)                                                         |

Om man istället för hastigheten studerar den kumulativa återfuktning av proverna under de två timmar som testet pågick, återigen uppdelat på sortiment samt papperspåse/metallform, så kan man se att formarnas snabbare återfuktningshastighet under de första 10 minuterna i rumstemperatur jämnar ut sig med påsarna efter cirka 30–40 minuter (figur 3). Den totala återfuktning, mätt som förändring i torrhalt, uppgick efter två timmar till cirka 0,4 procentenheter. Notera att bark som förvaras i papperspåse sticker ut kraftigt, med mycket mindre förändringar i torrhalt än övriga testade sortiment. Tittar man på proverna var för sig, istället för grupperat, så ser man att det finns en ganska stor variation mellan individuella prover (figur 4). Det provet som uppvisar störst avvikelser (översta röda linjen) är ett grothlis-prov som torkats i metallform.



**Figur 3.** Kumulativ återfuktning (procentenheter) för de testade proverna uppdelat på sortiment samt om papperspåse eller metallform använts vid torkningen.



**Figur 4.** Kumulativ återfuktning (procentenheter) för de individuella proverna som testades i studien under de tio första minuterna i rumstemperatur.



## 7 Diskussion

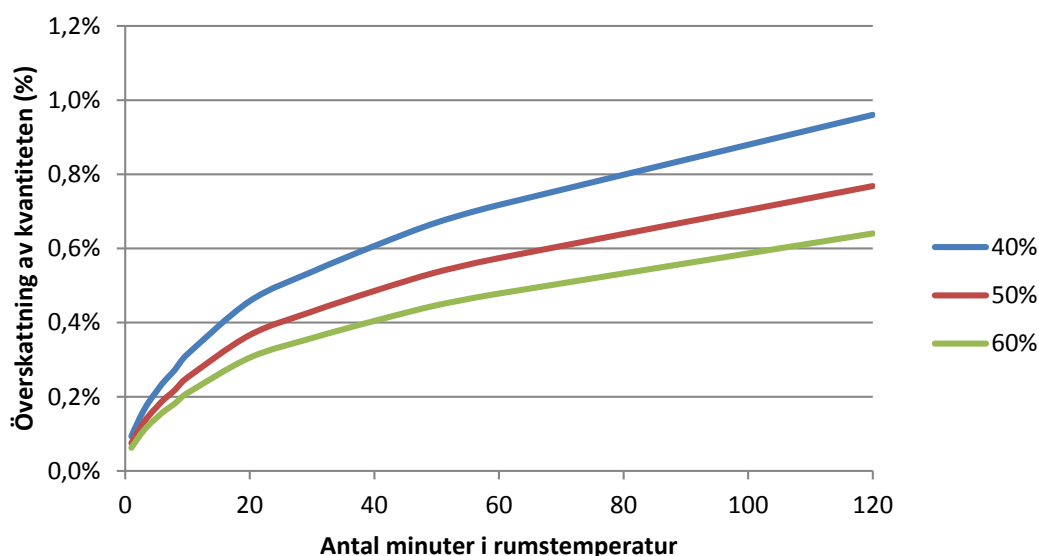
Resultaten från undersökningen visar att det är stor skillnad i återfuktningshastighet mellan olika prover. Använder man öppna metallformar så sker återfuktningen inledningsvis snabbare än om förslutna papperspåsar används, skillnaderna i total återfuktning mellan påsar/formar jämnar dock ut sig efter cirka 30-40 minuter i rumstemperatur. Även mellan sortiment förekommer vissa skillnader, där bark och grot (i formar) har den, inledningsvis, snabbaste återfuktningen.

Dessa skillnader tyder på att partikelstorleken och fraktionsfördelningen spelar roll för hur snabbt återfuktningen sker, vilket även Björklund och Fryk (1989) såg tendenser till under sina tester. Hur stor kontaktytan blir mellan materialet och luften beror alltså både på typ av sortiment samt på vilket sätt det aktuella sortimentet hanterats (hur det huggits/krossats/rivits). Sortiment som är behandlade på sådant sätt att det blir stor kontaktyta mellan materialet och luften (exempelvis genom huggning till en mindre fraktionsstorlek) har en snabbare återfuktning än sortiment med större bitar där kontaktytorna mellan luft och material blir mindre (Björklund & Fryk, 1989). Det torkade materialet tar upp fukt från sin omgivning för att komma i jämvikt med denna. Vilken absolut luftfuktighet som råder när prover tas ur ugnen är alltså också en viktig faktor som påverkar återfuktningshastigheten. Under vintern finns generallt ganska lite vatten/fukt i luften i jämfört med sommarhalvåret varför återfuktningen borde ske snabbare under sommarhalvåret. Testerna i denna studie är utförda under april månad, en solig dag med 8°C grader utomhus.

Resultaten visar att man kommer att överskatta torrhalten om man inte följer standardens rekommendation på torrvägning inom 10-15 sekunder. Beroende på hur många minuter man väntar mellan provet tagits ur torkskåpet och tills att det torrvägs så kommer man överskatta torrhalten (och därmed energiinnehållet) i sitt bränsle olika mycket. Hur stora systematiska avvikelser man kan tillåta, i kombination med praktiska förutsättningar bör därför vara de viktiga faktorer när man avgör hur lång tid man kan tillåta innan provet torrvägs. Figur 5 visar på hur stor påverkan det får i genomsnitt på kvantitetsbestämningen om man väntar med torrvägningen. Kravet som ställs i VMK:s tillämpningsanvisning, att prov ska vägas inom en minut, innebär mycket små systematiska avvikelser.

Studien beskriver återfuktningförloppet i rumstemperatur. Torkskåp som stängs av, och hålls stängda, håller värme relativt länge (temperaturen sjönk från 105°C till 70°C under två timmar i en testad ugn). Detta innebär att om man lämnar proverna i en avstängd, varm, ugn under en kortare tid, så borde detta inte ha någon speciellt stor påverkan på resultatet.

Sett till hela torrhaltsbestämningen så är de potentiella felen från återfuktning väldigt små. Provtagningen är den absolut största osäkerhetsfaktorn, följt av provberedningen. I själva torrhaltsanalysen är felen generellt små, problemet är dock att felen i analyssteget främst är systematiska. Faktorer som återfuktning, laboratorievägar och korrekta taravikter är därför viktiga för att uppnå så små systematiska avvikelser som möjligt i själva torrhaltsanalysen.



**Figur 5.** Påverkan på kvantitetsbestämningen (TTV/MWh) beroende på bränslets medeltorrhalt och antal minuter som proven återfuktas i rumstemperatur innan de torrvägs. För ett värmeverk med 40 % medeltorrhalt kommer alltså 40 minuter i rumstemperatur innan torrvägning innebära en överskattning av inmätt kvantitet på 0,6 % i genomsnitt. Baserat på observerad återfuktning för de prover som torkades i metallform.

## 7.1 Slutsatser

Resultaten av denna studie visar att återfuktningshastigheten för torrhaltsprov kan variera kraftigt. Detta kan dels bero på hur provet förvarats vid torkning (papperspåse/metallform) men även på vilket sortiment som torkats. Även faktorer som provets fraktionsfördelning och den absoluta luftfuktigheten påverkar återfuktningshastigheten.

Tiden som provet kommer vara i rumstemperatur innan det torrvägs kommer att påverka torrhalten i provet. Hur stor avvikelse som är acceptabelt är upp till aktörerna att avgöra – men avvikelsen kommer systematiskt att drabba köparen av materialet negativt eftersom det leder till att torrhalten överskattas något.

Nuvarande tillämpningsanvisning specificerar den maximala tiden från att provet tas ur ugnen till torrvägning till maximalt en minut. Studerar man proven som ingått i denna studie så innebär en VMK:s tillämpningsanvisning en maximal överskattning av torrhalten på, i genomsnitt, 0,02 procentenheter (0,07-0,027) om papperspåsar används samt 0,037 procentenheter (0,023-0,1) om metallformar används. Dessa avvikelser borde vara tillräckligt små för att anses som försumbara.

## 8 Litteraturlista

- Björklund, L., & Fryk, H. (1989). *Torkning av vedprover i torkskåp*. Uppsala: SLU; institutionen för virkeslära. Rapport 211.
- Haapaniemi, M. (den 04 12 2015). Mailkonversation.
- SDC. (2015). *VMK:s TILLÄMPNINGSSANVISNING till Mätninginstruktion för bestämning av torrhalt och värmevärde på skogsråvara*. Sundsvall: SDC.