

DANISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

MINISTRY OF TRANSPORT

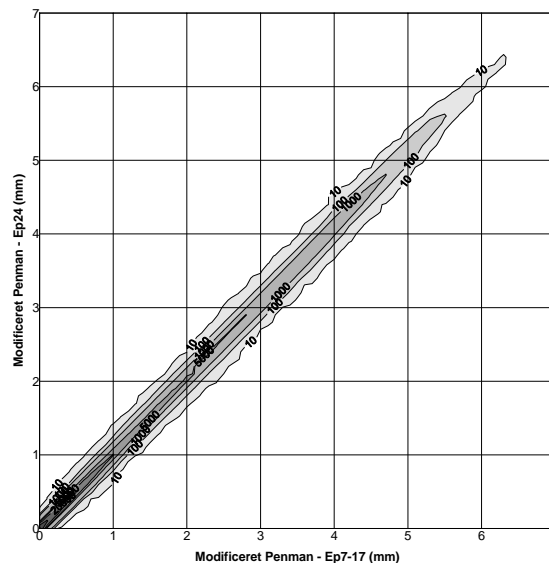
TECHNICAL REPORT

01-18

KLIMAGRID DANMARK

Sammenligning af potentiel fordampning beregnet ud fra den modificerede Penman formel med og uden en revideret bestemmelse af luftfugtigheden.

Mikael Scharling



COPENHAGEN 2001

Indholdsfortegnelse

1.	INDLEDNING	3
2.	RESULTATER	5
2.1	FORSKELLE BEREGNET PÅ DØGNVÆRDIER	5
2.2	FORSKELLE BEREGNET PÅ MÅNEDSVÆRDIER	7
2.3	FORSKELLE BEREGNET PÅ ÅRSVÆRDIER	8
3.	KONKLUSION	10

Bilag 1: Beregning af potentiel fordampning efter den modificerede Penman formel

Symbolliste

E	Potentiel fordampning (mm)
E_{p7-17}	Potentiel fordampning beregnet efter den modificerede Penman uden den reviderede bestemmelse af rh (mm)
E_{p24}	Potentiel fordampning beregnet efter den modificerede Penman med den reviderede bestemmelse af rh (mm)
T	Lufttemperatur (°C)
rh	Luftfugtighed (%)
rh_{dag}	Middel af rh i tidsrummet 09 til og med 15 UTC (%)
rh_{nat}	Middel af rh i tidsrummet 18 til og med 06 UTC (%)
rh_{7-17}	Vægtet middel af rh_{dag} og rh_{nat}
rh_{24}	Simpelt døgnmiddel af rh
u	Vindhastighed (m/s)
S_i	Globalstråling (MJ/m^2)

1. Indledning

I forbindelse med beregning af klimadata har Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) gennem mange år beregnet den daglige potentielle fordampning (E) på basis af en modificeret Penman formel foreslået af Danmarks Jordbrugsforskning (DJF) i 1991¹.

I formelen indgår en række empiriske konstanter, samt følgende klimatiske input variable: temperatur (T), luftfugtighed (rh), vindhastighed (u) og globalstråling (S_i)². Formlen er opbygget af to led, et strålingsled og et vindled, hvoraf det antages at strålingsleddet normalt er af størst betydning.

Beregningen af døgnværdier for de variable der indgår i ligningen sker, bortset fra rh, ved simpel midling eller summering af 1-time eller 3-times værdier.

For rh gælder det, at der først beregnes en rh_{dag} og rh_{nat} for tidsrummene hhv. kl. 9 til og med kl. 15 og 16 til og med kl. 8,- alle tider er i UTC. Herefter vægtes de to rh-værdier hhv. 7/24-dele og 17/24-dele for at få et døgnmiddel (herefter kaldet rh_{7-17}). At man har gået denne "omvej" er historisk betinget, idet data er trukket fra en database, der er tilpasset tidligere tiders stationsnet og (manuelle) observationspraksis. Effekten af vægningen er, at rh_{7-17} generelt beregnes lidt for højt for stationer der kun måler hver 3. time.

Ovenstående har betydning for beregningen af den potentielle fordampning i Klimagrid – Danmark, da der indgår stationer, der måler med både 1- og 3-timers interval ved beregning af rh på døgnbasis.

En anden og mindre betydende detalje man er blevet opmærksom på, er ligeledes historisk betinget. For at kunne sammenligne rh_{nat} -værdier beregnet for stationer der måler med hhv. 1- og 3-timer interval, har man valgt, at der ikke skal indgå værdier målt i tidsrummene 16, 17, 7 og 8 i beregningen. Ved at udelade aften- og morgen-værdier, hvor sandsynligheden er større for at luftfugtigheden er lavere end i nat-timerne vil man, alt andet lige, opnå at rh_{nat} beregnes for højt for de stationer, der måler med 1-times interval og derved også, at rh på døgnbasis, bliver bestemt lidt for højt. Denne fremgangsmåde har betydning for beregningen af E på både stations- og gridbasis.

Med overgangen (i årene 2000-2002) til fremtidens observationsnet og praksis, åbnes der mulighed for en mere detaljeret og fleksibel datastruktur og bearbejdning. I forbindelse med rapporten: "Sammenligning af potentiel fordampning beregnet ud fra Makkinks formel og den modificerede Penman formel"³, er det derfor valgt at skifte fra ovennævnte vægtningsmetode til en simple midling ved bestemmelse af rh på døgnbasis (i det følgende benævnt rh_{24}). Denne ændring i beregningen af rh ophæver ovenstående to problemer, og vil være den metode, der forventes at blive brugt i fremtiden.

¹ Formel 2,9 i Mikkelsen, H.E. & Olesen J.E. (1991): "Sammenligning af metoder til bestemmelse af Potentiel vandfordampning." Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Tidsskrift for Planteavl Specialserie, Beretning nr. S2157.

² Se bilag 1.

³ Scharling, M. (2001): "Klimagrid - Danmark, Sammenligning af potentiel fordampning beregnet ud fra Makkinks formel og den modificerede Penman formel." DMI Technical Report 01-19, Trafikministeriet, DMI.

Nærværende rapport beskriver de forskelle i daglige, månedlige og årlige fordampnings-værdier, der opstår når der benyttes hhv. den vægtede rh (rh_{7-17}) og en simple midling (rh_{24}) til beregning af den luftfugtighed, som input i den modificerede Penman formel.

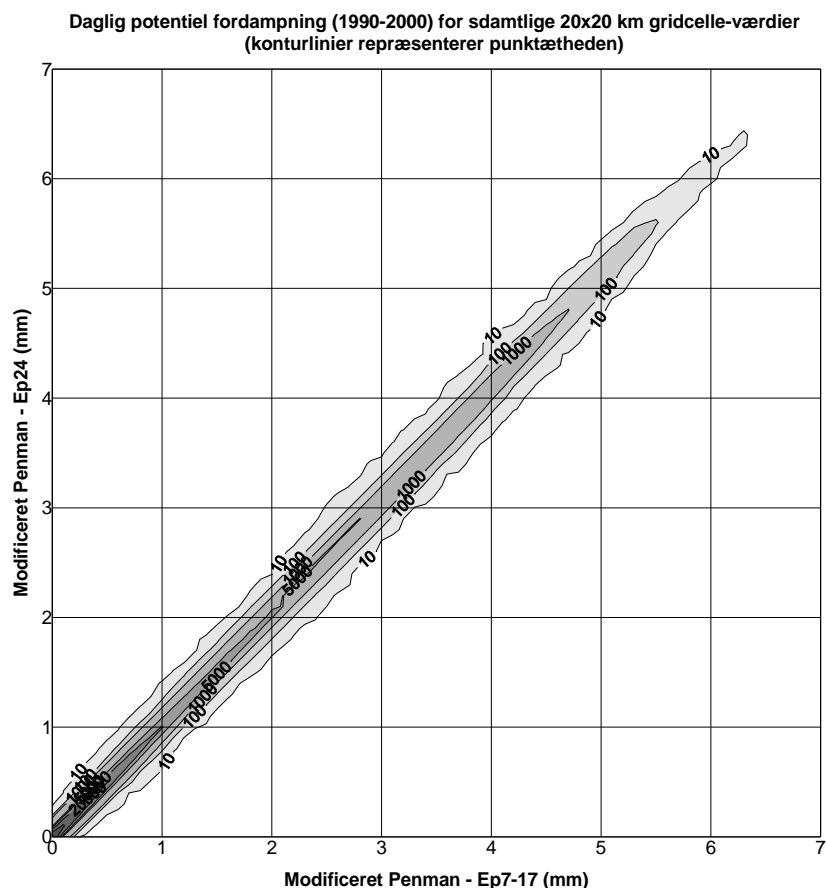
Alle beregninger i nærværende rapport bygger på griddata⁴ fra perioden 1990 til og med 2000.

Sammenligningen mellem E_{p7-17} og E_{p24} på dagligt niveau bygger pga. den store datamængde på 20x20 km gridcelleværdier (>700.000 værdier), mens der for måneds- og årssammenligninger er benyttet 10x10 km punktværdier.

⁴ Scharling, M. (1999): "Klimagrid - Danmark, Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning, 20x20 og 40x40 km. DMI Technical Report 99-12, Trafikministeriet, DMI.

2. Resultater

2.1 Forskelle beregnet på døgnværdier



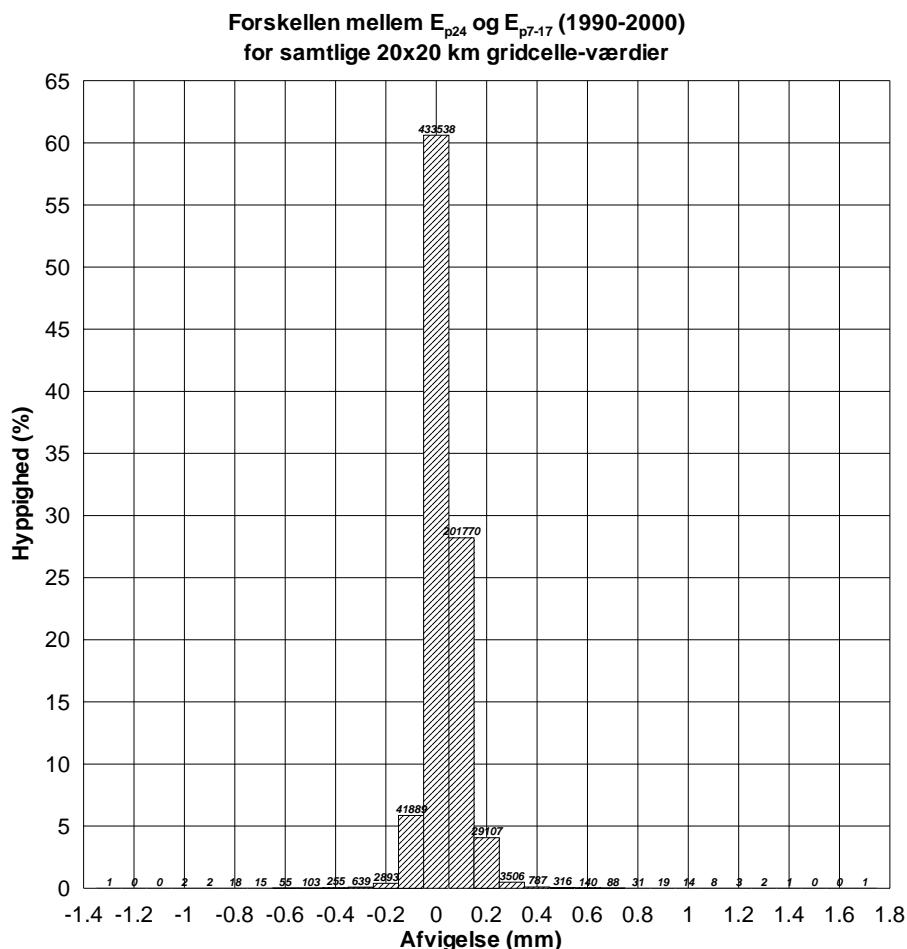
Figur 1: Daglig potentiel fordampning

Det ses af figur 1, at op til omkring 2 mm ligger værdierne pænt fordelt omkring identifikationslinien (1:1 linien). Forklaringen på dette er, at på dage med lav fordampning, er der generelt ikke den store forskel mellem rh_{dag} og rh_{nat} , hvorfor det ikke betyder så meget at rh_{nat} vægtes for højt. En del af den spredning der ses mellem de to datasæt, kan derfor forklares ved, at der ikke indgår de samme stationer i interpolationen af de to sæt rh -værdier. Dette skyldes to ting, der for begge vedkommendes er knyttet til kvalitetstjekket af data:

rh_{dag} og rh_{nat} er under kvalitetstjekket blevet behandlet som to separate variable. Det vil sige, at i nogle tilfælde kan rh_{dag} -værdier fra en station godt blive godkendt, mens rh_{nat} -værdien for samme station ikke er godkendt. Det vil introducere en forskel i forhold til at beregne rh ved en simpel midling, som måske eller måske ikke er blevet godkendt under kvalitetstjekket.

Den anden grund er, at det er vurderet, at nogle stationer generelt har målt for høje eller lave værdier i perioder af varierende længde. Det er dog ikke nødvendigvis sådan, at en station der har målt for lav rh_{dag} også har målt for lav rh_{nat} . For at sikre den højeste kvalitet af $rh_{24\text{h}}$ på døgnbasis, er alle stationer, der er udelukket enten som input i beregningen af rh_{dag} eller rh_{nat} også udelukket i beregningen af rh_{24} .

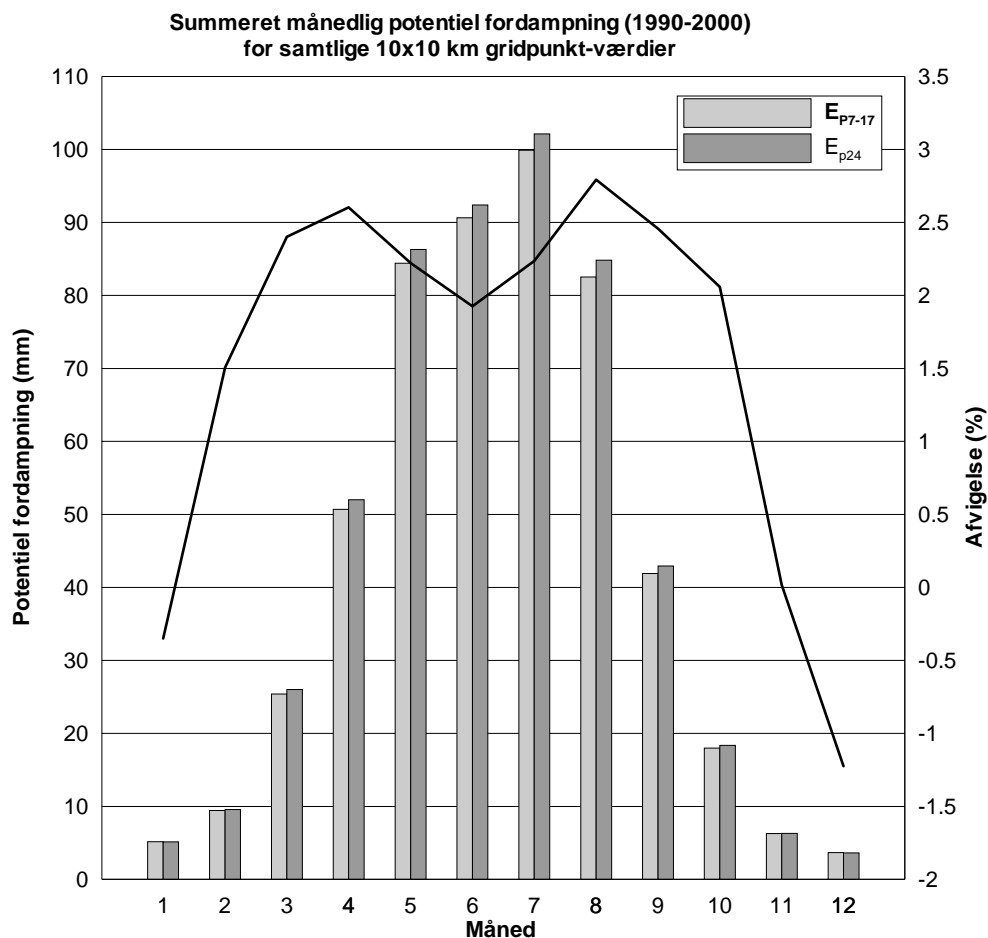
Jo højere fordamning er, jo større vil forskellen også være imellem rh_{dag} og rh_{nat} . Derfor ses det også, at på dage over 2 mm's E beregnes E_{p24} generelt højere end E_{p7-17} .



Figur 2: Fordeling af differenser mellem E_{p24} og E_{p7-17} på døgnbasis. Tallene i kursiv over søjlerne angiver det absolutte antal.

Figur 2 viser fordelingen af differencer på døgnbasis ($E_{p24}-E_{p7-17}$). Lidt over 6 % af afvigelse er negative, 27 % er positive, mens hovedparten af af værdierne, nemlig 67 % er uændret. Over 98 % af afvigelse ligger indenfor intervallet fra -0.1 til og med 0.2 mm. Den gennemsnitlige daglige forøgelse af E beløber sig til ca. $0,03$ mm.

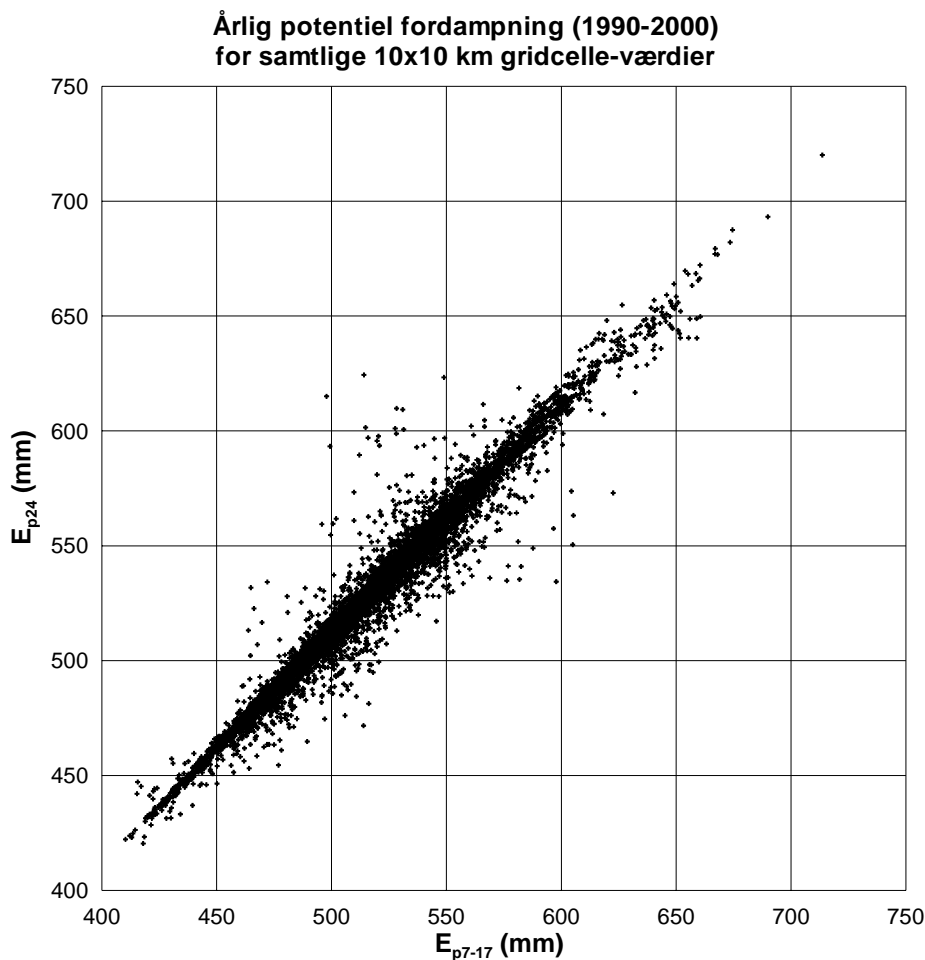
2.2 Forskelle beregnet på månedsværdier



Figur 3: Månedlige fordampningssummer

Figur 3 viser de summerede månedlige fordampningstal for hhv. E_{p7-17} og E_{p24} . I oktober til og med februar er der næsten ingen forskel mellem de to beregninger, mens de største forskelle ses i sommerhalvåret. Figuren bekræfter således antagelsen fra figur 1 om, at ved lave fordampninger er der kun lille forskel mellem E_{p7-17} og E_{p24} grundet den lille døgn-variation i rh. I perioden fra marts til og med september ligger den procentvise forskel mellem de to datasæt på mellem 2.0 og 2.7 %.

2.3 Forskelle beregnet på årsværdier



Figur 4: Årlige fordampningssummer

Ovenstående figur 4 angiver i scatterdiagramform de årlige fordampningssummer beregnet for hhv. E_{p7-17} og E_{p24} . Det ses at der er en høj sammenhæng mellem de to datasæt og korrelation (R^2) er således også beregnet til 0.96. De tilfælde, hvor der optræder store forskel mellem E_{p7-17} og E_{p24} repræsenterer typisk gridpunkt-værdier fra områder, der er påvirkede af at inputdata (synop- og automatiske stationer) ikke er sammenfaldene for de to beregningsmetoder. Middeltallet for E_{p7-17} er 518.0 mm mod E_{p24} der er 529.6 mm. Det vil sige, at ved at benytte rh_{24} øges fordampningen med gennemsnitlig 2.2 % eller 11.6 mm på årsbasis.



Figur 5: Konturkort – procentvis forskel mellem E_{p7-17} og E_{p24} på årsbasis

Figurer 5 illustrerer forskellene i resultatet mellem de to beregningsmetoder. De største forskelle, typiske omkring 3 %, ses indlands, mens forskellene i de kystnære områder generelt er mindre. Variationen kan forklares ved, at rh svinger mindre på døgnbasis ved kysterne. Undtagelsen ses ved Ringkøbing Fjord, der har den største afvigelse med 4 %. Dette skyldes, som tidligere nævnt, at inputdata (synop- og automatiske stationer) ikke er sammenfaldene.

3. Konklusion

På daglig basis er der stor sammenhæng mellem de to datasæt. Ca. $2/3$ af værdierne er identiske, mens ca. $1/4$ af afvigelseerne er positive. Mere end 98 % af afvigelseerne ligger indenfor intervallet fra -0.1 til og med 0.2 mm.

Den gennemsnitlige daglige forøgelse af E beløber sig til ca. $0,03$ mm.

På månedsbasis er både den absolute og den relative forskel størst i sommermånederne med en procentvis forskel på op til 2.7 %.

Ved at benytte E_{p24} i Penmans formel forøges E på årsbasis med ca. 2.2 % eller lidt under 12 mm på landsplan.

De største afvigelser mellem de to datasæt opstår enten indlands eller i områder, hvor datainputtet er forskelligt.

Det anbefales, at der i Klimagrid Danmark fremover benyttes E_{p24} ved beregning af den potentielle fordampning.

Bilag 1 - Beregning af den potentielle fordampning ved den modificerede Penman formel

Potentiel fordampning beregnes på døgnværdiniveau efter en modificeret Penman, (formel [2.9] i Mikkelsen, H.E. & Olesen J.E (1991): “*Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning*”. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Tidsskrift for Planteavl Specialserie, Beretning nr. S 2157).

$$E_p = \beta_{A0} + \beta_{A1} \frac{sS_i}{\lambda(s + \gamma)} + \beta_{A2} \frac{\gamma f(u_2)(e_s - e_a)}{s + \gamma}$$

hvor

E_p :	Potentiel fordampning ($\text{mm} \cdot \text{døgn}^{-1}$)
λ :	Vands fordampningsvarme, $\lambda = 2.465 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
γ :	Psykrometerkonstant, $\gamma = 0.667 \text{ hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$
β_{A0} - β_{A2} :	Empiriske konstanter
s :	Damptrykskurvens hældning ($\text{hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$)
S_i :	Globalstråling ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{døgn}^{-1}$)
e_s :	Mættede dampes tryk (hPa)
e_a :	Aktuelt damptryk (hPa)
$f(u_2)$:	$f(u_2) = 0.263(0.5 + 0.54u_2)$ ($\text{mm} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{døgn}^{-1}$)
u_2 :	Vindhastighed i 2 m's højde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
u_{10} :	Vindhastighed i 10 m's højde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

og

$$\begin{aligned} \beta_{A0} &= 0.114 - 0.0659 \cos(\omega) + 0.0451 \sin(\omega) - 0.0851 \cos(2\omega) - 0.0031 \sin(2\omega) \\ \beta_{A1} &= 0.083 - 0.4629 \cos(\omega) + 0.0354 \sin(\omega) - 0.0914 \cos(2\omega) - 0.0286 \sin(2\omega) \\ \beta_{A2} &= 0.963 - 0.1707 \cos(\omega) + 0.0123 \sin(\omega) - 0.0419 \cos(2\omega) - 0.0381 \sin(2\omega) \end{aligned}$$

i hvilke

$$\omega = \frac{2\pi p d}{365} \quad \text{hvor } d \text{ er døgnnummeret i året}$$

Vindhastigheden i 2 m beregnes efter:

$$u_2 = \frac{\ln(2/z_0)}{\ln(10/z_0)} u_{10} \quad \text{hvor } z_0 \text{ (ruhedslængden) sættes } = 0,01 \text{ m}$$

Aktuelt damptryk beregnes efter:

$$e_a = \frac{R_h}{100} e_s$$

hvor rh_{7-17} : Relativ luftfugtighed (%), vægtet døgnmiddel
 $rh_{7-17} = (rh_{\text{dag}} \cdot 7 + rh_{\text{nat}} \cdot 17) / 24$
 rh_{dag} : Gennemsnitlig relativ fugtighed mellem kl. 9 og 15 (%)
 rh_{nat} : Gennemsnitlig relativ fugtighed mellem kl. 18 og 6 (%)

eller rh_{24} : Relativ luftfugtighed (%), simpelt døgnmiddel

og hvor e_s , og s beregnes ved hjælp af de empiriske formler:

$$e_s = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3 + c_4 t^4 + c_5 t^5 + c_6 t^6$$

$$s = c_1 + 2c_2 t + 3c_3 t^2 + 4c_4 t^3 + 5c_5 t^4 + 6c_6 t^5$$

i hvilke t : Døgnmiddeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$)

og konstanterne er givet ved:

	$t \geq 0$	$t < 0$
c_0	6.108	6.109
c_1	$4.437 \cdot 10^{-1}$	$5.035 \cdot 10^{-1}$
c_2	$1.429 \cdot 10^{-2}$	$1.886 \cdot 10^{-2}$
c_3	$2.651 \cdot 10^{-4}$	$4.176 \cdot 10^{-4}$
c_4	$3.031 \cdot 10^{-6}$	$5.825 \cdot 10^{-6}$
c_5	$2.034 \cdot 10^{-8}$	$4.839 \cdot 10^{-8}$
c_6	$6.137 \cdot 10^{-11}$	$1.839 \cdot 10^{-10}$