



Til Fødevarestyrelsen

## Vedr. bestillingen: Vidensyntese om udegående får i vinterperioden

Fødevarestyrelsen har i en bestilling dateret d. 9. marts 2015 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug - om at udarbejde en ”vidensyntese, der giver klarhed over, om alle fåreracer samt evt. krydsninger er særligt hårdføre, eller om der findes undtagelser som gør, at kravet om læskur eller anden mulighed for at søge ly og læ skal opretholdes for disse dyr, hvis de skal være sikret mod vejr og vind i overensstemmelse med deres behov.”

Vidensyntesen, der følger nedenfor, er udarbejdet af videnskabelig assistent Katrine Kop Fogsgaard, Institut for Husdyrvidenskab, seniorforsker Elise Norberg, Institut for Molekylær biologi og Genetik og sektionsleder Lene Munksgaard, Institut for Husdyrvidenskab, alle Aarhus Universitet.

Besvarelsen er udarbejdet som led i ”Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2015-2018” (Punkt BH-17 i aftalens Bilag 2).

Venlig hilsen

Klaus Horsted  
Koordinator for myndighedsrådgivning, DCA

Kopi til Innovation

DCA - Nationalt Center for  
Fødevarer og Jordbrug

Klaus Horsted

Specialkonsulent

Dato 14. august 2015

Direkte tlf.: 87157975

Mobiltlf.:

Fax: 8715 6076

E-mail:

klaus.horsted@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: khr

Journal 95544

Side 1/1

## Vidensyntese om udegående får i vinterperioden

Katrine Kop Fogsgaard<sup>1</sup>, Elise Norberg<sup>2</sup> & Lene Munksgaard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut for Husdyrvidenskab og <sup>2</sup> Institut for Molekylærbiologi og genetik

### Baggrund for projektet

Denne vidensyntese er udarbejdet på baggrund af en bestilling fra Fødevarestyrelsen dateret den 9. marts 2015 med følgende baggrund:

*Baggrund beskrevet i bestilling fra Fødevarestyrelsen:*

*Af Fællesudtalelsen fra Dyreværnsrådet og Det Veterinære Sundhedsråd af 8. november 2012 om hold af dyr, der går ude hele døgnet i vinterperioden eller perioder med vinterlignende vejr, fremgår, at får efter rådernes opfattelse generelt er særligt hårdføre, og at krav om læskur eller bygning derfor ikke bør gælde for disse, såfremt dyrene tilses dagligt og i øvrigt er tilvænnet til at gå ude, har et kraftigt og tæt hårlag (uld), er ved godt huld og fodres, så det gode huld opretholdes. Da der er meget stor forskel på fåreracers fysiske egenskaber, ønskes en vidensyntese, der giver klarhed over, om alle fåreracer samt evt. krydsninger er særligt hårdføre, eller om der findes undtagelser som gør, at kravet om læskur eller anden mulighed for at søge ly og læ skal opretholdes for disse dyr, hvis de skal være sikret mod vejr og vind i overensstemmelse med deres behov, jf. Dyreværnslovens § 3, stk. 1.*

### Konklusion:

Får har en bred termoneutral zone og kan klare mere ekstreme temperaturer og vejrforhold end mange andre husdyr.

Der findes ikke tilstrækkelig med videnskabelige undersøgelser til at dokumentere, om nogle fåreracer fremfor andre har behov for læskur eller anden mulighed for at søge ly og læ.

Uldens karakteristika har betydning for isoleringsevnen, og der er forskel på uldens karakteristika mellem fåreracer, ligesom der er forskel på, hvor stor en del af kroppen der er dækket af uld. Det må derfor antages, at får, som ikke har et kraftigt og tæt hårlag (uld), kan have behov for at søge ly og læ for at være sikret mod vejr og vind i visse perioder med vintervejr eller vinterlignende vejr.

## Indledning

Der findes meget få videnskabelige undersøgelser, som direkte har undersøgt, hvilke behov forskellige fåreracer eller krydsninger heraf har for adgang til læskur eller anden mulighed for at søge ly og læ i vinterperioden eller perioder med vinterlignende vejr. Derfor indeholder denne vidensyntese først et afsnit om fårs termoregulering, et afsnit om de vigtigste egenskaber ved får, som har betydning for fårs evne til at termoregulere, samt et afsnit om betydning af vind og regn for termoregulering hos får. Derefter beskrives den tilgængelige viden om raceforskelle med henvisning til de foregående afsnit.

## Termoregulering

Begrebet termoregulering dækker over et dyrs evne til at opretholde en relativ konstant kropstemperatur uafhængigt af temperaturen i omgivelserne. For at dette er muligt, må den producerede og tabte varme fra en organisme være lige stor (Schmidt-Nielsen, 1997). I kolde omgivelser kan den optimale kropstemperatur opretholdes ved at øge kroppens varmeproduktion og samtidig reducere tabet af varme fra kroppen til omgivelserne.

I nedenstående afsnit redegøres for fårets termoregulering og evne til at opretholde en relativ konstant kropstemperatur i vinterperioden.

### *Kritiske temperaturer og den termoneurale zone*

Den termoneurale zone er det temperaturinterval, hvor dyrets metaboliske varmeproduktion er upåvirket af temperaturændringer i omgivelserne, hvilket betyder, at der bruges mindst mulig energi på at opretholde kropstemperaturen (Schmidt-Nielsen, 1997). Den nedre grænse for den termoneurale zone benævnes den nedre kritiske temperatur (Lower Critical Temperatur, LCT). Den defineres som den lufttemperatur, hvorunder kroppens varmeproduktion og varmebevarelsesmekanismer aktiveres for at opretholde en normal kropstemperatur (Schmidt-Nielsen, 1997). Jo lavere lufttemperaturen er, jo mere energi skal dyret bruge for at opretholde kropstemperaturen. Når temperaturen i omgivelserne er under LCT, vil får søge at øge varmeproduktionen samt mindske varmetabet ved hjælp af en række fysiologiske og adfærdsmæssige strategier.

Får har en bred termoneutral zone og kan tilpasse sig både fysiologisk og adfærdsmæssigt for at regulere varmetab og derved klare mere ekstreme temperaturer og vejrforhold end mange andre husdyr (Dwyer, 2008). Desuden er det påvist, at får har en god tilpasningsevne, og f.eks. kan tilvænnning til kulde øge fårets kulderesistens. Ligeledes kan evnen til termoregulering forbedres ved nyfødte lam, hvis moderen udsættes for kulde sent i drægtighedsperioden (Reviewet af Dwyer, 2008).

Fårets kropsstørrelse spiller en vigtig rolle i forhold til det mulige varmetab fra kroppen. Dyr med en større krop har relativt set en mere effektiv termoregulering end dyr med mindre krop. Dette skyldes, at et større dyr har et mindre overfladeareal/volumen ratio end et mindre, og dermed tabes mindre varme til omgivelserne per kg kropsvægt (Schmidt-Nielsen, 1997).

Optimal kuldetilpasning afhænger endvidere af en række faktorer som f.eks. uldens længde og stand, foderstand, tilgængeligheden af foder og tilgængeligheden af læ, når får er holdt udendørs (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2014).

#### *Adfærdsmæssig termoregulering*

Adfærdsmæssig termoregulering er en justering af det termiske miljø ved via adfærdsændringer at opretholde kropstemperaturen. Eksempler på adfærd, der øger varmeproduktionen hos får, kan være, at fåret bevæger sig mere rundt; øget muskelaktivitet skaber øget varmeproduktion. Anden adfærd kan søge at mindske varmetabet fra kroppen, f.eks. ved at fårene søger sammen i grupper og derved mindsker den del af kroppen, der er frit eksponeret ud til omgivelserne (Rutter, 2002). Endvidere vil fåret forsøge at mindske varmetabet ved at beskytte de dele af kroppen, som har mindst isolering i form af uld – typisk på ben, mave og hoved. Et får, der står op i koldt vejr, har op til 70 % højere varmetab end et liggende får (Mason, 2010). Selv på frossen eller snedækket jord vil der være en betydelig reduktion i varmetab ved får, der ligger ned, sammenlignet med et stående får (Ranvig, 1998).

#### *Fysiologisk termoregulering*

Fysiologisk termoregulering er primært styret af det autonome nervesystem og bidrager til en øget varmeproduktion i kroppen. Lav temperatur i omgivelserne opfattes af termoreceptorer placeret i det perifere væv, og via nervebaner sendes stimuli til det centrale nervesystem og hjernen. Dette resulterer i en øget varmeproduktion i kroppen, hvilket kan ske ved øget muskelaktivitet i form af kulderystelser samt øget mobilisering af glukose og fedt (Dwyer, 2008). Kulderystelser er den primære kilde til varmeproduktion under kuldestress hos får (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2014). Hos nyfødte lam sker ydermere en mobilisering af brunt fedtvæv, som er fedtvæv med højt indhold af mitokondrier og blodgennemstrømning (Schmidt-Nielsen, 1997). (Dwyer and Morgan, 2006). På udsatte steder som hoved, øre og ben mindskes blodkarrenes diameter (vasokonstriktion), hvilket resulterer i en lavere blodgennemstrømning og dermed nedsat varmestråling fra blodet ud igennem huden og ud til omgivelserne (Alexander, 1974). Endvidere kan får nedsætte respirationsfrekvensen og øge lungevolumen, hvilket ligeledes er med til at nedsætte varmetabet fra kroppen (Alexander, 1974).

Det varierer mellem forskellige fåreracer, ved hvilke temperaturer de ovennævnte processer indtræffer, hvilket i høj grad skyldes de racebestemte forskelle i fedtmængde og uldtyper, samt hvorledes ulden dækker kroppen. For eksempel er LCT for nyklippede får med en uldtykkelse på 10 mm helt op til 22 °C, afhængig af race (Berge, 1997; Broom and Fraser, 2007), mens en uldtykkelse på hhv. 50 mm og 70 mm giver en LCT på ca. -5 °C og -18 °C (Broom and Fraser, 2007). Energibehovet til vedligehold umiddelbart efter klipning stiger med ca. 20 % om sommeren, mens det om vinteren giver en stigning på op til 80 %. Dette behov falder gradvist i takt med, at ulden igen gror ud. Og det har derfor stor betydning, hvornår på året fårene klippes (Ranvig, 1998).

## Fårets isoleringsevne – uld og fedt

Fåret har to eksterne og et internt isolerende lag. De eksterne lag er selve ulden og et tyndt luftlag mellem huden og ulden. Det interne er fedtvævet, som er afhængigt af race og det enkelte individs foderstand.

### *Uldens karakteristika*

For de mest anvendte racer i de nordlige tempererede egne afhænger uldens karakteristika overordnet af, om der er tale om nordiske racer (ekstensive) eller kødracer (intensive). De fleste nordiske racer har både underuld og dækhår, en undtagelse er dog Gotlandsk Pelsfår, som i stedet har en tæt og krøllet uld. Kombinationen af underuld og dækhår gør dyrene mere modstandsdygtige overfor kolde temperaturer og våde omgivelser. Regnvand ledes væk fra kroppen af dækhårene og holder dermed den isolerende underuld bestående af fine, tynde fibre mere tør. De intensive racer har typisk ikke underuld og dækhår. Deres uld er mere ensartet igennem hele udlaget. Det består af mere grove fibre, som får ulden til at stå lige ud fra kroppen og giver et tykkere isolerende lag. Når fåret er uklippet, kan tætheden og tykkelsen af de enkelte uldfibre kompensere for den manglende underuld og dækhår og giver en uld, som er svær gennemtrængelig for vind og vand.

Ikke kun uldens karakteristika men også tykkelsen på udlaget varierer imellem de forskellige racer. Nedenstående tabel 1 viser forskelle i uldens isoleringsevne hos fire racer. Scottish Blackface kan sammenlignes med de mest almindelige ekstensive racer i Danmark, mens down-racerne minder om de mest anvendte intensive racer i Danmark. Scottish Blackface, som er tilpasset et liv i bakker og bjerge, har en uld som er relativ resistent overfor regn, hvorimod lavlandsracen Hampshire har en uld, som beskytter mere optimalt mod vind (Dwyer, 2008).

Ulddækket på kroppen varierer ligeledes mellem racerne. Nogle racer er uldfrie i hovedet, på bugen og benene, mens andre har en større del af kroppen dækket og dermed også et mindre varmetab fra disse udsatte steder. F.eks. har Oxforddown og Shropshire mere ulddækkede hoveder end Suffolk.

Tabel 1. Raceforskelle i uldens isoleringsevne. Evnen til at bremse overførslen af varme fra dyret til omgivelserne. (mod. e. Blaxter, 1962)

<b>Ulds isoleringsevne (Målt pr. cm i dybden)</b>	
Race	Isolationsevne i stillestående luft (°C/Mcal /m <sup>2</sup> målt over 24 timer per cm i dybden)
Merino	10,0-12,0
Down får	7,5
Scottish Blackface	6,0
Cheviot	5,9

## Effekt af vind og regn på termoregulering

Vind og regn har stor betydning for LCT. Et klippet får (ca. 10 mm uld), der er udsat for vind (4.3 m/s), har en LCT på ca. 19 °C, mens det i læ har en LCT på omkring 13 °C (Reviewet af Berge, 1997). Regn har endnu større betydning (se tabel 2), og undersøgelser har vist, at ved ophold i regn og vind øges varmetabet med op til 44 % (Done-Currie et al., 1984). Et får med 60 mm uld udsat for vind (4.3 m/s) vil have en LCT på ca. -3 °C, men hvis det derudover også er udsat for regn, stiger LCT til ca. 12 °C (Reviewet af Berge, 1997). Ved regn og blæst vil får holdt udenfor søge sammen i grupper for at mindske varmetabet, og ved samtidig lave lufttemperaturer vil de ofte benytte områder med læ, overdækning og lignende, hvis disse er til rådighed (Dwyer, 2008). En norsk undersøgelse viser, at får søger indenfor ved regn for at hvile, hvis de udendørs områder ikke er overdækkede. Ved overdækkede udendørsområder stiger andelen af får, som benytter udeområdet til hvile (Jørgensen and Bøe, 2011).

Tabel 2. Metabolismen målt i kcal / 24 timer hos 6 forskellige fåreracer under påvirkning af vind og regn i et koldt miljø (mod. e. Blaxter et al., 1966).

Race	Antal får	Kold (3-5 °C)	Kold + vind (4.4 m/s)	Kold + regn	Kold + regn+ vind
Kcal / 24 timer					
<b>Scottish Blackface</b>	3	1014	+332	+849	+1211
<b>Welsh Mountain</b>	2	984	+341	+928	+1000
<b>Cheviot</b>	3	1549	+325	+1534	+2109
<b>Suffolk down</b>	4	1268	+212	+789	+1358
<b>Kent</b>	4	1067	+246	+782	+1032
<b>Hampshire Down</b>	4	1196	+58	+721	+863

## Effekt af livscyklus og årscyklus på termoregulering

Fårenes varmeproduktion ændres i løbet af fårets livscyklus og årscyklus. Nyfødte lam har brunt fedtvæv, som er fedtvæv med højt indhold af mitokondrier og blodgennemstrømning (Schmidt-Nielsen, 1997). Mitokondrial respiration er ikke koblet til syntesen af ATP, hvilket betyder, at energien frigivet ved metabolisme i det brune fedtvæv frigives som varme i stedet for ATP og dermed resulterer i en høj varmeproduktion. Når lammet bliver ældre, forsvinder det brune fedtvæv, og er ikke længere en kilde til varmeproduktion.

Goldfår skal udelukkende vedligeholde deres eget kropsvæv og har derfor en lavere metabolisme og dermed varmeproduktion, end drægtige får. Jo længere henne i drægtighedsperioden fåret er, jo højere er hendes varmeproduktion. I den danske vinter vil danske fåreracer ofte være i første eller midterste del af drægtighedsperioden.

En høj metabolisme og medfølgende varmeproduktion kræver en høj foderindtagelse (Ranvig, 1998). Det er derfor vigtigt, at udegående får i vinterperioden er i godt huld og har foder tilgængeligt for at opretholde den efter forholdende nødvendige varmeproduktion. Omsætningen og fordøjelsen af foder skaber henholdsvis en passiv og en aktiv varmeproduktion. Den passive varmeproduktion finder sted ved fermentering i vom og tarme samt varme produceret i forbindelse med omsætning af næringsstoffer. Den herefter tilbageværende energi kan herefter anvendes til aktiv varmeproduktion samt vedligehold, bevægelse og produktion så som tilvækst, mælke- og uldproduktion.

Når fåret opholder sig i varme omgivelser, skal dyret af med den passivt producerede varmeproduktion for at undgå overophedning, men ved ophold i kolde omgivelser medvirker den passive varmeproduktion til at opretholde den ønskede kropstemperatur. Den passive varmeproduktion varierer alt efter indholdet af kulhydrater, fedt og protein i foderet. Endvidere frigives mere varme ved nedbrydelse af grovfoder, og en øget grovfoderandel i foderet kan dermed øge den passive varmeproduktion (Ranvig, 1998).

I danske fårebesætninger med udegående dyr i vinterperioden vil en stor del af afgræsningen foregå på frøgræsmarker, kløvermarker samt slætgræsmarker. Græskvaliteten har i vinterperioden et lavere indhold af letomsættelige kulhydrater og et højere indhold af svært nedbrydeligt materiale, hvilket vil mindske energi, der er tilgængeligt i disse fodertyper for dyret (Ranvig, 1998).

## **Raceforskelle**

Der foreligger begrænset videnskabelig dokumentation af raceforskelle ift. tolerance overfor vind, regn og kulde. Der findes omkring 30 fåreracer i Danmark. Disse kan opdeles i natur-/vildfår, Nordiske korthalefår, kombinationsracer, kød-/vædderracer, malkefår, uldfår og andre. De fænotypiske karakteristika varierer meget mellem racer mht. størrelse, kropssammensætning, type og kvalitet af uld m.m., og disse forskelle vil bidrage til, at de forskellige racer kan have forskellig tolerance overfor vind, regn og kulde. Effekten af de konkrete forskelle i mange af disse karakteristika er beskrevet nærmere i de foregående afsnit af rapporten.

Natur-/vildfår, f.eks. Mouflon, som betragtes som oprindelsen til tamfåret, og Norsk Vildsau, er racer, som er tilpasset at leve i naturen uden tilgang til opstaldning. Disse racer antages derfor at være meget robuste. De racer, der går ind under natur-/vildfår, er i høj grad uforædlede og har ikke været udsat for systematisk avlsarbejde med henblik på at øge kuld størrelsen og vækst. Dette medfører, at de blandt andet har mere indvoldsfedt; noget, som kan komme dyret til gode i forhold til evnen til termoregulering (pers. com. Lisbet Hektoen, Animalia. Norge). De Nordiske korthalefår som Gotlandske pelsfår, Dansk Landrace, Islandske får, Spælsau, Gute, Lyneburg, Grønlandske får og Færøfåret antages også at være meget robuste fåreracer, da de hovedsagligt holdes med henblik på bevaring af racerne og på at udføre landskabspleje. Der er derfor lagt vægt på evnen til at overleve under ekstensive forhold, når der selekteres avlsdyr, og det må antages at resultere i en generelt mere robust population. Den finske race Finuld tilhører også kategorien nordiske

korthalefår, men har i modsætning til de andre racer sparsom og særdeles blød og finfibret uld. Denne race har meget høj frugtbarhed, kræver høj pasningsgrad, og praktisk erfaring (www.sheep.dk) viser, at de har svært ved at klare sig på naturarealer.

Kombinationsracer som Dansk Leicester, Marsk, Rygja og Såne er racer, der er noget større end de nordiske korthalefår men anses af fåreavlerne for generelt at være relativt robuste (www.sheep.dk).

Kødracerne er kendetegnet ved høj tilvækst og stor kødfylde, og fårene kan veje helt op til 100 kg. Racer, som indgår i denne kategori, er Charollais, Dansk Dorset, Dansk Oxforddown, Dansk Shropshire, Suffolk og Dansk Texel. Disse racer er relativt højt forædlede, og der har specielt været selekteret for høj tilvækst og kuldstørrelse. Mellem de forskellige kødracer er der forskel på uldkvaliteten, og dette vil også påvirke termoreguleringen og evnen til at modstå vand, vind og kulde (se tidligere afsnit i rapporten).

De mælkeracer, der findes i Danmark (Østfrisisk malkefår og Lacaune), er meget heterogene, når der gælder størrelse og uldkvalitet. Merinofåret er den primære uldrace og har blød og finfibret uld.

Der er lavet undersøgelser, der viser, at racer responderer forskelligt på klimaændringer (Nielsen et al., 2013), hvor det har vist sig, at Spælsau var mindre sensitive i forhold til klimaændringer end Norsk Hvit Sau mht. tilvækst. Disse undersøgelser er dog lavet på lam, der fødes i april og slagtes i september/oktober, og ikke på dyr, der har gået ude om vinteren.

Det må forventes, at racer, som i generationer har levet ude under ekstensive forhold, er bedre tilpasset et liv uden tilgang til ly skabt af mennesker. Man skal dog være opmærksom på, at disse racer har haft tilgang til store arealer med mulighed for at søge ly under vegetation, ved siden af store sten, o.l. I Norge er der påbud om, at alle dyr i dyrehold (bortset fra tamrein) skal have adgang til egnet og trygt tilholdssted. Der kan, efter ansøgning hos Mattilsynet (Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler), gives dispensation fra påbuddet for nærmere givne dyrearter, områder og årstider (for mere information se <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-08-11-1074?q=unntak+fra+plikten+til+%C3%A5>).

## Referenceliste

Alexander, G. 1974. Heat loss from sheep. in Heat loss from animal and man. J. L. Monteith and L. E. Mount, ed. The Butterworths Group, London.

Berge, E. 1997. Housing of sheep in cold climate. *Livestock Production Science* 49(2):139-149.

Blaxter, K. L. 1962. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Hutchinson & Co, London.

Blaxter, K. L., J. L. Clapperton, and F. W. Wainman. 1966. The extent of differences between six British breeds of sheep in their metabolism, feed intake and utilization, and resistance to climatic stress. *British Journal of Nutrition* 20(02):283-294.



- Broom, D. M., and A. F. Fraser. 2007. *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. CAB International, Wallingford, UK.
- Done-Currie, J. R., M. Wodzicka-Tomaszewska, and J. J. Lynch. 1984. The effects of thermoregulatory behaviour on the heat loss from shorn sheep as measured by a model ewe for micro-climate integration. *Applied Animal Behaviour Science* 13(1GÇô2):59-70.
- Dwyer, C. M. 2008. Environment and the sheep - Breed adaptations and welfare implications. in *The welfare of sheep*. C. M. Dwyer, ed. Springer Science+Business Media B. V.
- Dwyer, C. M., and C. A. Morgan. 2006. Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: Effects of breed, birth weight, and litter size. 84(5):1093-1101.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare. 2014. Scientific Opinion on the welfare risks related to the farming of sheep for wool, meat and milk production. *EFSA Journal* 2014; 12(12):3933:128pp.
- Jørgensen, G. H. M., and K. E. Bøe. 2011. Outdoor yards for sheep during winter - Effects of feed location, roof and weather factors on resting and activity. *Can. J. Anim. Sci.* 91(2):213-220.
- Mason, B. D. 2010. Section C - Nutrient requirements. In: *Nutrition Guide for B. C. Sheep Producers*. British Columbia Ministry of Agriculture. Available from [http://www.al.gov.bc.ca/sheep/publications/documents/nutrition/2010\\_4\\_Section\\_C\\_NutrientRequirements.pdf](http://www.al.gov.bc.ca/sheep/publications/documents/nutrition/2010_4_Section_C_NutrientRequirements.pdf).
- Nielsen, A., G. Steinheim, and A. Myrsterud. Do different sheep breeds show equal responses to climate fluctuations? 2013. *Basic and Applied Ecology*. 14 (2013) 137-145.
- Ranvig, H. 1998. *Fodring af får*. DSR Forlag, Frederiksberg C.
- Rutter, S. M. 2002. Behaviour of Sheep and Goats. in *The ethology of Domestic Animals, An Introductory Text*. CAB Internationals, Wallingford, UK.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Animal Physiology - Adaption and Environment*. 5. ed. Cambridge University Press, New York.