Kart, kompass, kartprojeksjoner og GPS

©Halvor Aarnes 2003 rev. 2010 & 2012 S.E. & O.

Innholdsfortegnelse

Gradnett på Jorden 1
Kartprojeksjoner 3
UTM-koordinater 5
GPS 7
Kompassorientering 8
Astronomi 9
Kart i R 9
Artsfordeling og biogeografiske modeller i R 18

Gradnett på Jorden

Kart, Jakobsstav, sekstant, oktant, astrolabium, og kompass har vært verktøy for navigering og orientering gjennom århundrer. Dagens kart bruker et verdensomspennende (globalt) referansesystem. Jorden er en **elipsoide** delt inn i tenkte linjer i et gradnett. Vertikale linjer deler jorda i segmenter som møtes (konvergerer) ved polene og kalles **lengdegrader** eller **meridianer**. Meridianene starter med **nullmeridianen** som går gjennom Greenwich i England (0°). Meridianen på motsatt side av kloden (180°) følger den internasjonale datolinjen. Meridianer går fra pol til pol og står normalt på ekvator. Greenwichmeridianen (nullmeridianen) deler jorda i en østlig og vestlig halvkule. Meridianene viser hvor langt øst eller vest man er for nullmeridianen. Det er 60 meridianer som alle er 6° fra hverandre (60°·6=360°). Alle meridianene står vinkelrett på breddegradene, og alle er lik halvparten av en storsirkel. Det ser ut som sola passerer meridianen (lat. merides-middag) midtveis mellom soloppgang og solnedgang. Brukes i tidsangivelse ante meridiem (a.m.) før klokken 12 og post meridiem (p.m.) Horisontale parallelle sirkler kalles **breddegrader**. En av breddegradene kalt **ekvator** deler jorda midt mellom nord- og sydpolen. De andre breddegradene måles som vinkler med sentrum av jorda som utgangspunkt, målt i grader (°), minutter (´) og sekunder (´´). Ekvator har breddegrad 0°, nordpolen har 90°N (+90°) og sydpolen har 90°S (-90°). Breddegradene kommer nærmere hverandre ettersom de nærmer seg og forenes ved polene. Maupertuis ledet den franske

meridianekspedisjonen til Lappland, og kunne vise at Jorden er flattrykt ved polene.

Lengde- og breddegradene lager et gradnett på jorda. **Breddegrad** (**latitude**) for en posisjon/lokalitet oppgis først og deretter **lengdegrad** (**longitude**) øst eller vest for nullmeridianen. Avstanden som tilsvarer en breddegrad er størst ved ekvator og minsker etter hvert som man beveger seg nord eller syd. Punktet der nullmeridianen og ekvator møtes kalles N/S 00 og E/W00.
1 grad=60 minutter, 1 minutt=60 sekunder
En posisjon kan beskrives av koordinater. Biologibygningen på Blindern ligger på 59°56'16.10''N. Omregnet til grader blir dette 59.9378°.
59+56/60+16.10/3600
[1] 59.9378
Sørlige og vestlige halvkule får negativt fortegn på gradene.

Meridianer og ekvator er **storsirkler**. Breddegrader unntatt ekvator er ikke storsirkler. Vanligvis sier vi at den korteste veien mellom to punkter er den rette linje, men det gjelder ikke når man skal navigere med fly eller båt på jordkloden. En storsirkel deler jorda i to halvparter, og bare snittplan som går igjennom sentrum av jordkloden er storsirkler. Den korteste veien mellom to punkter på jorden er den storsirkel som går igjennom begge punktene.
Rumbelinjer (sp. rumbo-retning), også kalt **loksodromer** *loxo*-skjev,bøyd, *dromos,dramein*-forløp, løpe) er kurs med konstant retning. Loksodromer skjærer alle meridianer med konstant vinkel. For meridianer og ekvator blir rombelinjene lik storsirkler, ellers ikke. Rumbelinjer følger spiraler, og når man nærmer seg polene blir det tilnærmet et uendelig antall vindinger, dvs. uegnet når man nærmer seg polene. Loksodromer ble først studert av Pedro Nunes. I Mercators kartprojeksjon blir alle loksodromlinjer (rumbelinjer) rette linjer. På et plan blir loksodromlinjen den korteste vei mellom to punkter, men på en kule blir den korteste veien en storsirkel. Det er lettere å seile langs rumbelinjen ("sail the rumbs") fordi da kan man velge en fast kurs å styre etter. Seiler man langs en storsirkel må man hele tiden endre kurs.

Det blir enklere å regne med radianer enn grader og minutter. En sirkel tilsvarer 2π radianer.

$$360^o = 2\pi \; radianer$$

$$vinkel\ (radianer) = \frac{\pi}{180}\ vinkel\ (grader)$$

$$vinkel\ (grader) = \frac{180}{\pi}\ vinkel\ (radianer)$$

En **nautisk mil** (1852 meter) tilsvarer buen for 1 minutt, dvs. 1/60 grad og

$$avstand\ (radianer) = \frac{\pi}{180 \cdot 60}\ avstand\ (nautiske\ mil)$$

$$avstand\ (nautisk\ mil) = \frac{180 \cdot 60}{\pi}\ avstand\ (radianer)$$

1 nautisk mil=10 **kabellengder**. Hastighethet 1 **knop** per time tilsvarer en nautisk mil.
Den nautiske mil ble beregnet ut fra omkretsen av storsirkelen gjennom polene 40009.153 km (elipsiode 1924) som ble delt på 360° og 1/60 del av en grad
(40009153/360)/60
[1] 1852.276
En sjømil=4 nautiske mil
I WGS84 er lengden av storsirkelen gjennom polene lik 40007.864 km
(40007864 /360)/60
[1] 1852.216
En nautisk mil ble i 1929 definert å være 1852 meter.

Kartprojeksjoner

Kartprojeksjon består i å presentere overflaten til en kule i et todimensjonalt plan, romlige koordinater overføres til plankoordinater. Det er umulig å laget et flatt kart av en jordkule uten at det oppstår geometriske unøyaktigheter. En seksjon av jordoverflaten flates ut for å kunne lage et kart. Den buete overflaten av jorda blir overføres til en plan flate. Gauss teorem theorema egregium viste at en kule kan ikkje vises i et plan uten forskyvninger. Jorda projiseres ned

på et kart som i størst mulig grad ivaretar mulighetene for å måle avstand, bestemme posisjon og bevege seg ved navigering. Jo mindre utsnitt av jorda man velger, desto mindre avvik blir det. Jfr. en appelsin som man kan tegne et kart på og etterpå skrelles og skallet legges flatt ned. Når man beveger seg den korteste veien mellom to punkter på jordoverflaten skjer ikke dette langs rette linjer, men i buer som følger kurvaturen til jorda kalt storsirkelen. Ved gnomonisk kartprojeksjon kan man lage **storsirkelkart** hvor storsirklene blir rette linjer, men lengden og retningen blir ikke riktig. Storsirkelkart brukes til å finne den korteste veien mellom to punkter på jorda, men det må justeres for lengden og retningen.

Det mest vanlige er **Merkators sylinderprojeksjon** som gir rette linjer på kartet som tilsvarer kompassretningen. Breddegrader og lengdegrader blir rette linjer som skjærer hverandre med rette vinkler. Meridianene får samme avstand fra hverandre, men det blir større avstand mellom breddegradene (breddesirklene) etter hvert som man beveger seg mot polene. Alle rette linjer mellom to punkter blir en loksodrom. Stigningen av loksodromen angir retningen på reisen.

Merkators kartprojeksjon blir mest nøyaktig ved ekvator og blir mer og mer unøyaktig jo lenger syd eller nord man kommer. Avviket blir så stort at landmassiver ved høyere breddegrader synes mye større enn land som befinner seg nær ekvator.
Merkators projeksjon tøyer ut linjene for breddegrader som befinner seg langt nord og syd, med stor forvrengning nær polene. Arktis og Antarktis strekkes ut, Grønland blir større enn i virkeligheten, og kartet er vanligvis begrenset av 80°N til 75°S.

Mye navigasjon har tidligere vært relatert til havet, og en nautisk mil er lik 1 minutt av en breddegrad, et bueminutt, og en breddegrad tilsvarer derfor 60 nautiske mil. Siden lengden på breddegraden minsker når man beveger seg vekk fra ekvator, og den fremdeles er oppdelt i samme antall grader så vil vidden på en grad minske når man beveger seg mot polene i forholdet 1:cos til breddegraden. Avstanden i nautisk mil blir lik forskjell i minutter ganger cosinus til breddegraden.
60 nautiske mil ved ekvator vil tilsvare 42.426 nautiske mil for en grad ved 45. breddegrad.

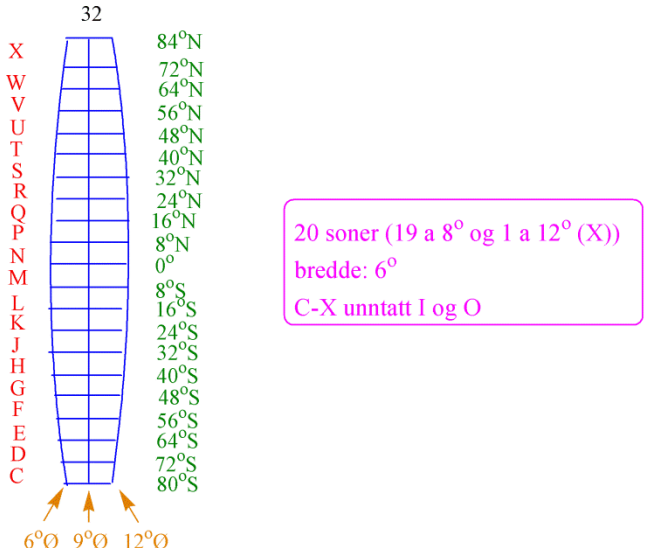
UTM-koordinater

Johann Heinrich Lambert (1728-1777) laget i 1772 en transvers Mercator sylinderprojeksjon. Carl Friedrich Gauss undersøkte i 1825 formen av elipsoider i transvers mercator. Jorden er ikkje en perfekt kule, den er noe sammentrykt ved polene. Radius rundt ekvator er ca. 6378.137 km og radius til polene er ca. 6356.752. WGS84 - World Geodetic Systems 1984, er en referanseelipsoide (datum) som brukes i GPS. I denne er ekvatorial radius lik 6378137 m, eksentrisiteten er 0.0818192, flathet f=1/298.25722356 og radius b blir lik a(1-f) lik 6356752.31425 m.

```
a<-6378137
f<-1/298.25722356
b<-6356752.31425
a*(1-f)
[1] 6356752
```

Den virkelige distansen for en lengdegrad minsker etter hvert som man beveger seg vekk fra ekvator. For å unngå disse problemene bruker man projeksjonen UTM som lager linjer i rette vinkler med nøyaktig avstandsmål. **Universal Transvers Merkator projeksjon** (UTM) er en variasjon av Merkators projeksjon som snur sylinderen på siden slik at aksen går gjennom ekvator sentrert på en spesiell meridian og denne gir en nøyaktig nord-syd måling. Alle avstander, retninger, form og arealer blir omtrent riktig innen 15° fra sentralmeridianen. UTM gir alle steder på jorda en adresse i 100.000 meter kvadrater i regionale områder.

I kartprosjeksjonen UTM deles jorda inn i 60 identiske soner på 6° som nummeres fra 1-60 og starter ved den internasjonale datolinjen 180° og telles østover. Ekvator og **sentralmeridianen** i hver sone får en verdi i meter og en basislinje i hver sone. Gradnettslinjer trekkes parallelt med disse basislinjene. Hver gradnettslinje får en verdi som angir avstanden fra utgangspunktet i sentralmeridianen eller ekvator. Sone 33 og 35 er utvidet til 12° for å få med Svalbard. Sone 32, 34 og 36 er fjernet og sone 31 og 37 er utvidet til 9°.



Hver UTM-sone deles i 20 horisontale bånd på 8°, merket med bokstaver, unntatt bånd X som er på 12°. UTM dekker fra 80°S til 84°N. Bokstavene starter fra syd med C og ender alfabetisk med X i nord, unntatt bokstavene I og O, som lett kan forveksles med 1 og 0. F.eks. U (48-56°), V (56-64°), W(64-72°), X (72-84°)

Hver posisjon angis som UTM sone, samt UTM bånd østlig i meter og nordlig i meter (i stedet for grader, minutter og sekunder). Når man bestemmer posisjonen på et kart måler man først øst for nærmeste vertikale linje i forhold til stedet. Man noterer nummeret på den verikale linjen (to tall) og

området øst for vertikallinjen deles inn i 10 like store biter på 100 meter. Tall angir hvor mange hundremetere. Østlig blir derfor bestående av 3 tall. Deretter måles oppover/nordover fra nærmeste horisontale linje (to tall) og angir med et tall hvor mange 100 metere i tillegg (i alt 3 tall). : altså rekkefølgen østlig/nordlig eller les: **høyre og opp !**. Brukes 8 tall blir nøyaktigheten nærmeste 10-meter. Koordinatene skrives som et kontinuerlig alfanumerisk symbol uten mellomrom, parenteser etc. Nederst på kartet finner du sonebelt f.eks. 32V og 100 km rute f.eks. NM. Les av linjen før du kommer til kvadratet på kartet du kommer til.
Østlig starter på 500.000 meter på senterlinjen (sentralmeridianen) i hver sone.På den nordlige halvkule starter nordlig ved ekvator på 0 og øker mot nordpolen. På den sydlige halvkule starter nordings på 1.000.000 på ekvator og minsker når man beveger seg mot sydpolen.
Hver rute på kartet tilsvarer 1000 x 1000 meter

Romlig skråstilt Merkatorprojeksjon skråstiller sylinderen og deler den opp med linjer fra satelittbaner. Denne projeksjonen brukes for å kunne kartlegge jorda fra satelitter.
Polområdene arktis og antarktis beskrives best av en konisk **stereografisk kartprojeksjon** kalt Universal Polar Stereografisk (UPS) hvor breddesirklene blir sirkler og meridianene blir rette linjer. Ved stereografisk projeksjon brukes den motsatte polen som utgangspunkt for projeksjonslinjene. I UPS-nettverket benyttes også bokstavene A, B og Y og Z.

GPS

En forutsetning for å bruke GPS (”Global Positioning System”) er at man kan motta signaler fra flere satelitter. GPS brukes sammen med digitale kart. Dagens system baserer seg på 24 GPS-satelitter som sender på to lavenergi radiokanaler L1 (sivil, <50 W, 1575.42 Mhz i UHF)) og L2.
Informasjonen omfatter type satelitt, dato, tid og andre almanikkdata. Jo flere satelitter som registreres av GPS-mottakeren, desto bedre, og best er det når satelittene står i størst mulig relativ vinkel til hverandre. GPS-signalet kan forsinkes gjennom atmosfæren og signalet kan reflekteres fra bygninger og andre store objekter. Bygninger, terrengformasjoner og tett vegetasjon kan hindre signalet, og mottakeren virker heller ikke innendørs, under jorda og under vann. Den innebygde klokken i GPS-mottakeren er heller ikke

like nøyaktig som atomuret i satelitten. Klokken i satelitten og på jorda går også med litt forskjellig hastighet (relativitetsteori).
Alt dette bidrar mer eller mindre til hvor effektiv og nøyaktig mottakeren virker. Nøyaktigheten kan økes ved en kalibrering.

MGRS ("Military Grid Reference System") ligner på UTM/UPS, men inneholder en bokstavutvidelse som sikrer unike koordinater til ethvert sted på jorda. UTM deler jordoverflaten inn i 60 stykker 6° nord-syd sektorer. Disse sektorene er ytterligere oppdelt i 20 nord-syd 8° kvadrater og i disse er det 100.000 meters kvadrater bestående av koder på 2 bokstaver. Den første bokstaven angir kolonne og den andre bokstaven angir rad.
Det er ytterligere oppdeling i parallelle linjer med 10.000 meter og 1.000 meters avstand.

Kompassorientering

Den **magnetiske nordpolen** ligger for tiden i det nordlige Canada. Den **sanne Nordpolen** har 0o som referanse. Forskjellen mellom sann og magnetisk pol kalles **misvisning**. Den magnetiske nordpolen flytter seg fordi den påvirkes av bevegelsen av smeltet jern under jordoverflaten. Derfor er misvisningen angitt med en dato. På bunnen av kart finner man 3 linjer i et **deklinasjonsdiagram**. De 3 linjene angir magnetisk nordpol (MN) med en halvpil, sann nordpol (*) og gradnett nord (GN).
På kompasset er det en siktelinje, kompassnål, kompassring som kan vris, orienteringsnål, gradlinjer på kompassringen. På basis er det gradnettslinjer. Kompassringen er merket med N, S, Ø, V.

Kompassorientering etter siktelinjen: Rett siktelinjen på kompasset mot objektet i det fjerne. Uten å flytte kompasset vri kompassringen slik at orienteringsnålen står parallelt med magnetnålen. Mister du siktemålet hold magnetnålen parallelt med orienteringsnålen. Ved siktelinjeorientering er misvisning ikke noe problem.

Kompassorientering etter kart: Orienter først kartet mot nord. Lag en linje fra der du befinner deg til dit du skal. Bruk siktelinjen og dens paralleler og vri kompassringen slik at siktelinjene blir parallelle med gradnettslinjene på kartet.. Noter gradene på kompassringen og trekke fra både magnetisk og sant nord avvik. Man må justere for misvisningen.

Astronomi

Stjerner, planeter og solhøyde kan brukes til navigering. **Ekliptikken** er Jordens baneplan omkring sola. Planet som er vinkelrett på rotasjonsaksen til Jorden kalles ekvatorialplanet. Vinkelen mellom ekliptikken og ekvatorialplanet er 23°26'21'', det er denne skjevheten i Jordens rotasjonsakse som gir opphav til årstidene på den nordlige og sydlige halvkule. Det er denne vinklen vi finner igjen i vendekretsene, den breddegraden hvor sola står i senit en dag i året (sommersolverv og vintersolverv). Vendekretsene er parallelle med ekvator.

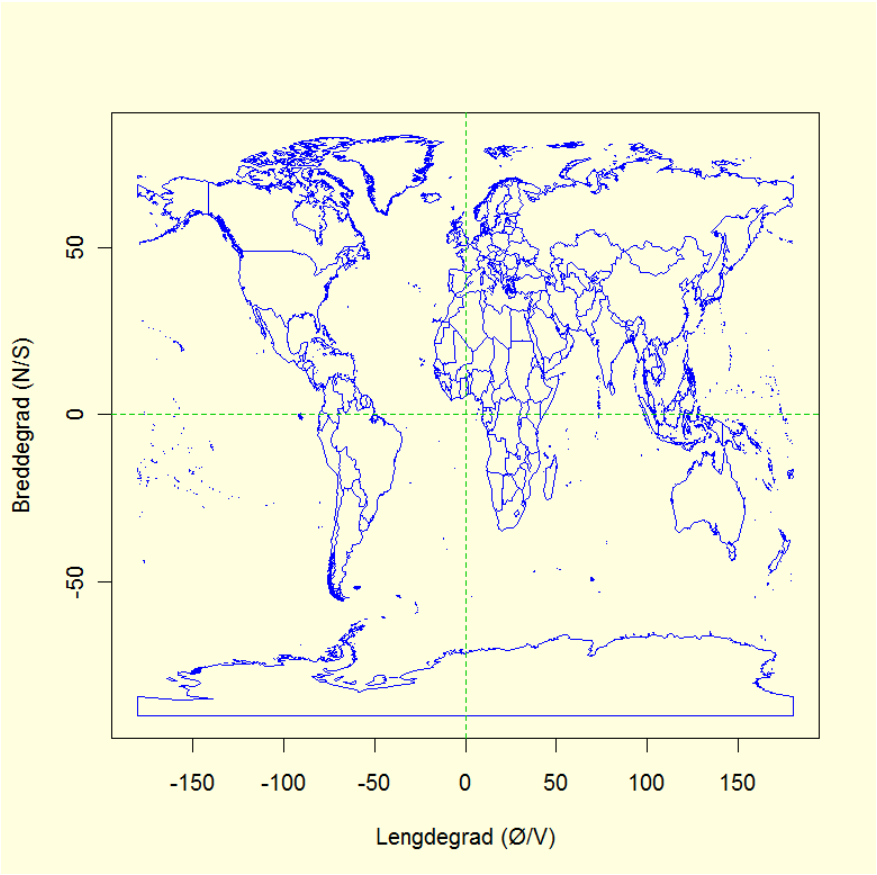
Polarsikrel (Arktissirkel)	66°33'39'' N
Krepsens vendekrets (*tropicus cancerci*)	23°26'21'' N
Steinbukkens vendekrets (*tropicus capricorni*)	23°26'21'' S
Antarktissirkelen	66°33'39'' S

Himmelkulen kan deles inn i et gradnett hvor deklinasjon tilsvarer breddegrad og rektscensjon tilsvarer lengdegrad. Soldeklinasjonen er vinkelen mellom solstrålene og Jordens ekvatorialplan.

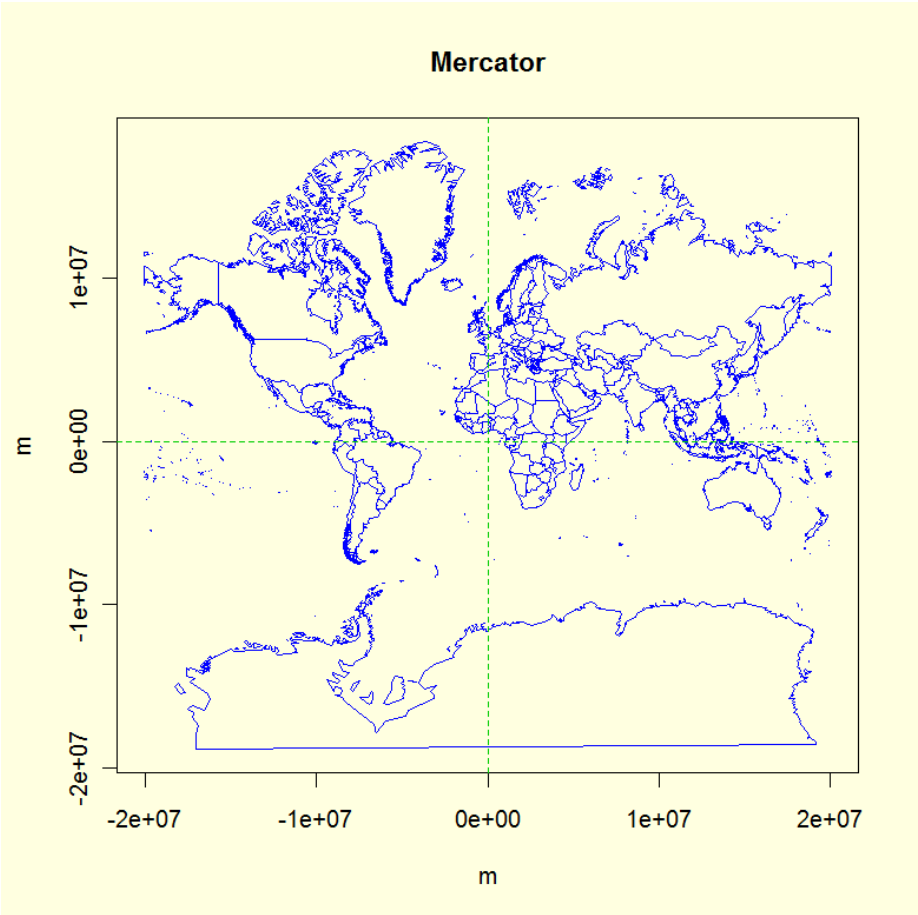
Kart i R

Pakken geosphere er beregnet for sfærisk trigonometri skrevet av Hijmans,R.J.,Williams,E.& Vennes,C.

```
#last ned pakken geosphere fra CRAN
library(geosphere)
library(help=geosphere)
#Jorden
data(wrld)
plot(wrld,type="l",col=4,xlab="Lengdegrad
(Ø/V)",ylab="Breddegrad (N/S)")
abline(v=0,h=0,lty=2,col=3)
```




```
#Mercators kartprosjeksjon
data(merc)
plot(merc,type="l",col=4,xlab="m",
ylab="m",main="Mercator")
abline(v=0,h=0,lty=2,col=3)
```

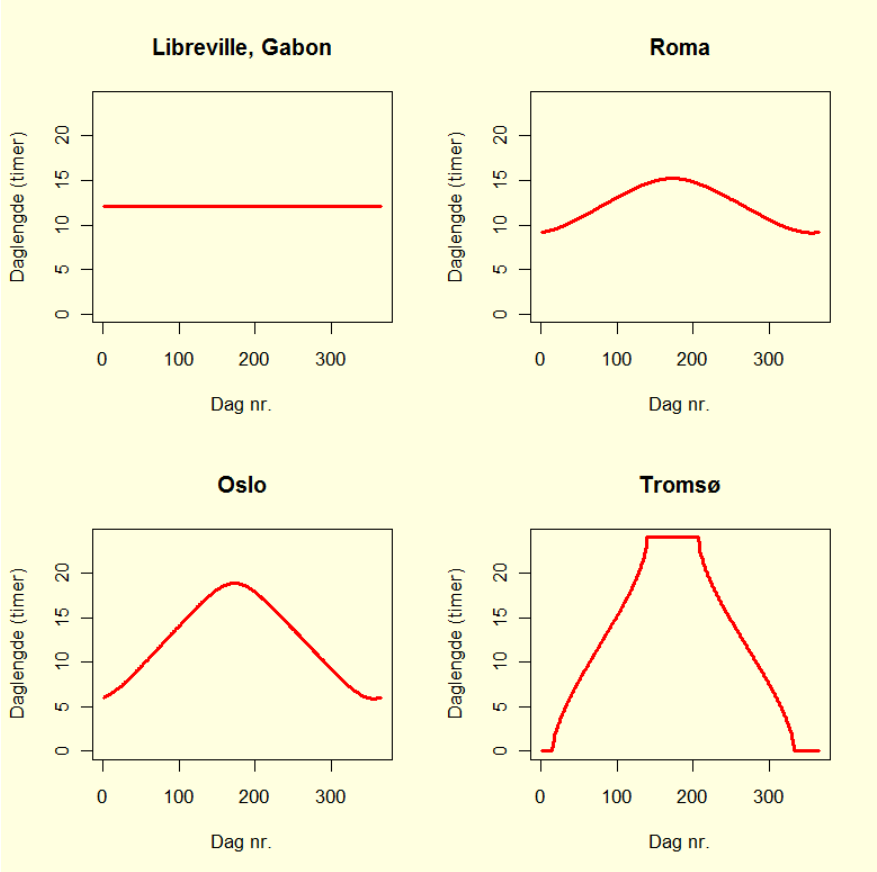


Legg merke til størrelsen på Afrika og Grønland på de to projeksjonene.

Daglengden er den viktigste faktoren som styrer adferden (reproduksjon,furasjering,overlevelse) hos artene på Jorden, og gir tilpasning (adapsjon) til habitatet.

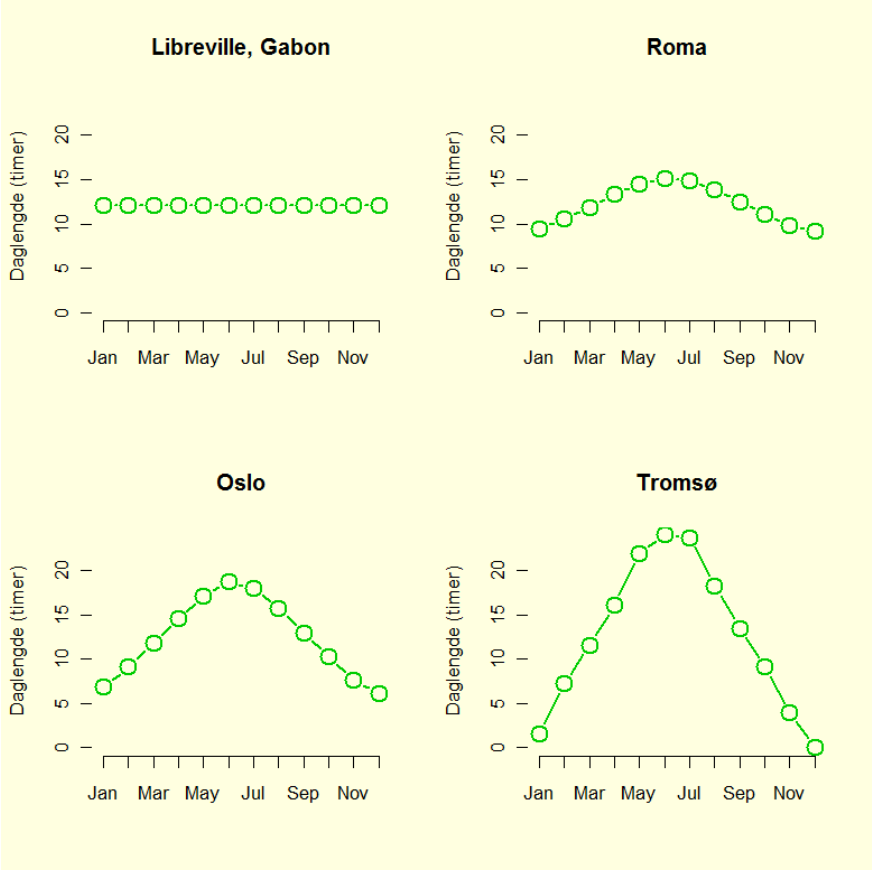
```
#daglengde ved forskjellige byer
#Libreville Gabon N00grad22min,Ø9grad35min
#antall dager
dag<-seq(1,365,1)
dagllibre<-daylength(00.37, 1:365)
par(mfrow=c(2,2))
par(bg="lightyellow")
plot(dag,dagllibre,type="l",col=2,lwd=3,ylab="Daglengde
(timer)",
xlab="Dag nr.", ylim=c(0,24),main="Libreville, Gabon")
#Roma N41grad53min;Ø12grad28min
daglroma<-daylength(41.88, 1:365)
plot(dag,daglroma,type="l",col=2,lwd=3,ylab="Daglengde
(timer)",
xlab="Dag nr.", ylim=c(0,24),main="Roma")
#Oslo N59grad55min,Ø10grad43min
daglosl<-daylength(59.92, 1:365)
```

```
plot(dag,daglosl,type="l",col=2,lwd=3,ylab="Daglengde
(timer)",
xlab="Dag nr.", ylim=c(0,24),main="Oslo")
#Tromsø N69grad39min,Ø18grad57min
dagltrom<-daylength(69.65, 1:365)
plot(dag,dagltrom,type="l",col=2,lwd=3,ylab="Daglengde
(timer)",
xlab="Dag nr.", ylim=c(0,24),main="Tromsø")
```

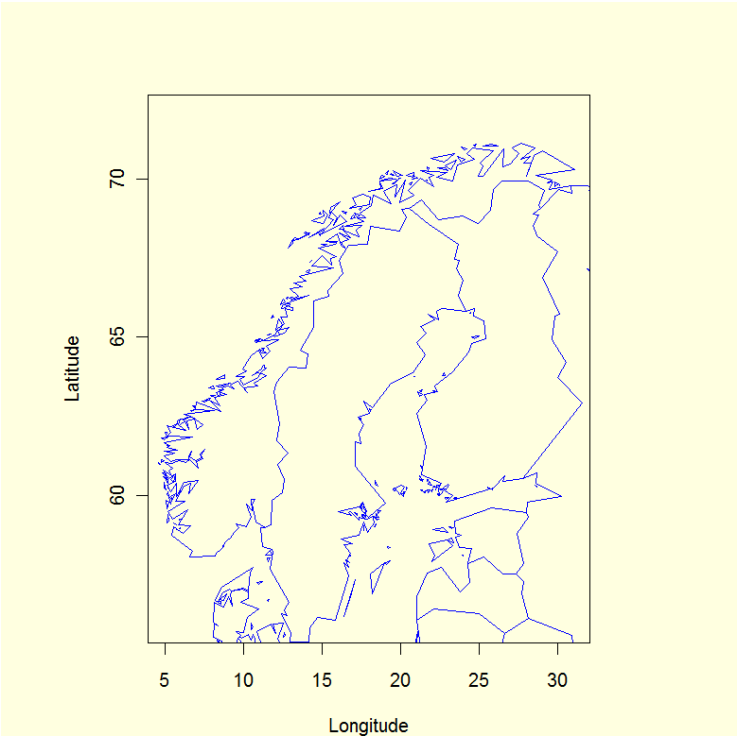



```
#gjennomsnittsdaglengde per måned
par(mfrow=c(2,2),bg="lightyellow")
mnd<-seq(1,12,1)
#Libreville Gabon N00grad22min,Ø9grad35min
dagllibre<-daylength(00.37, 1:365)
mndlibre<-tapply(dagllibre, rep(1:12,
c(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31)), mean)
plot(mnd,mndlibre,xlab="",type="b",xaxt="n",col=3,lwd=2,cex=2,
ylab="Daglengde (timer)", ylim=c(0,24),main="Libreville,
Gabon")
axis(1,at=c(1:12),labels=month.abb[1:12])
#Roma N41grad53min;Ø12grad28min
daglroma<-daylength(41.88, 1:365)
mndlroma<-tapply(daglroma, rep(1:12,
c(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31)), mean)
plot(mnd,mndlroma,xlab="",type="b",xaxt="n",col=3,lwd=2,cex=2,
```

```
ylab="Daglengde (timer)", ylim=c(0,24),main="Roma")
axis(1,at=c(1:12),labels=month.abb[1:12])
#Oslo N59grad55min,Ø10grad43min
daglosl<-daylength(59.92, 1:365)
mndlosl<-tapply(daglosl, rep(1:12,
c(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31)), mean)
plot(mnd,mndlosl,xlab="",type="b",xaxt="n",col=3,lwd=2,cex=2,
ylab="Daglengde (timer)", ylim=c(0,24),main="Oslo")
axis(1,at=c(1:12),labels=month.abb[1:12])
#Tromsø N69grad39min,Ø18grad57min
dagltrom<-daylength(69.65, 1:365)
mndltrom<-tapply(dagltrom, rep(1:12,
c(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31)), mean)
plot(mnd,mndltrom,xlab="",type="b",xaxt="n",col=3,lwd=2,cex=2,
ylab="Daglengde (timer)", ylim=c(0,24),main="Tromsø")
axis(1,at=c(1:12),labels=month.abb[1:12])
```

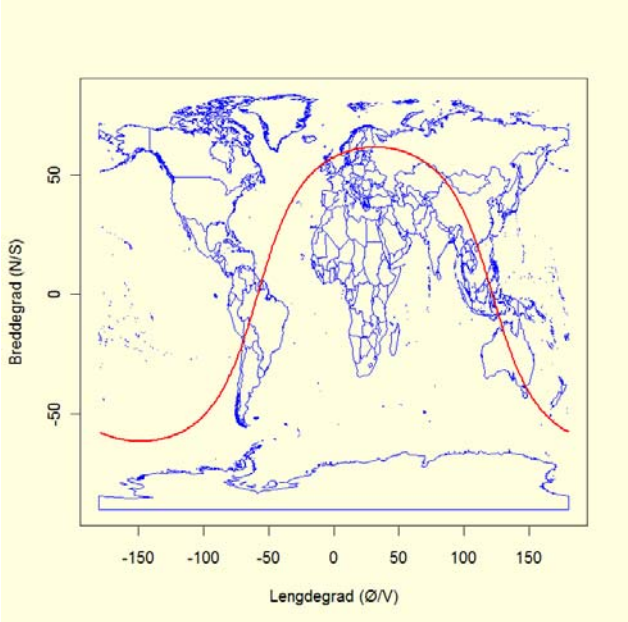



```
plot(wrld,type="l",col=4, xlim = c(5,31), ylim = c(56,72))
```

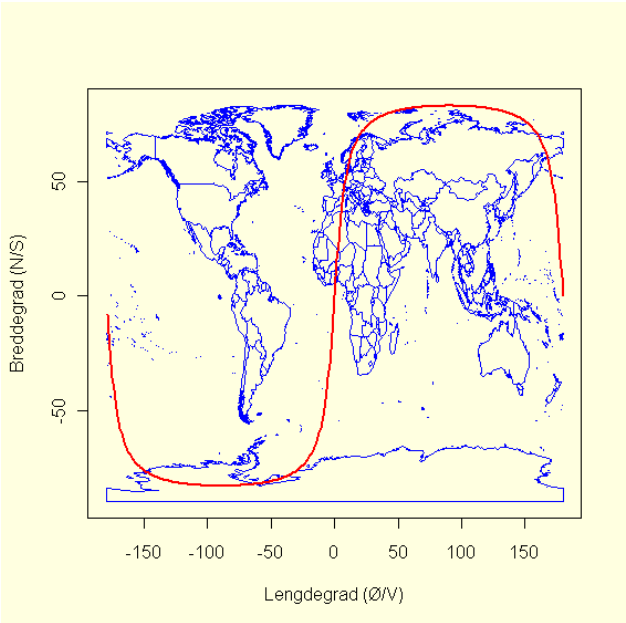


Storsirkelen er den korteste vei mellom to punkter på jordkloden.

```
#storsirkel gjennom Oslo og Stavanger
data(wrld)
plot(wrld,type="l",col=4,xlab="Lengdegrad
(Ø/V)",ylab="Breddegrad (N/S)")
#Oslo N59grad55min,Ø10grad43min
#Stavanger N58grad58min,Ø5grad44min
osl<-c(10.72,59.92)
stv<-c(5.73,58.97)
sirkel<-greatCircle(osl,stv)
lines(sirkel,col=2,lwd=2)
#avstanden Oslo Stavanger langs storsirkel ca. 30.1 mil
#forutsetter Jorden rund kule med radius 6378137 m
d<-distCosine(osl,stv);d
[1] 301450.4
```

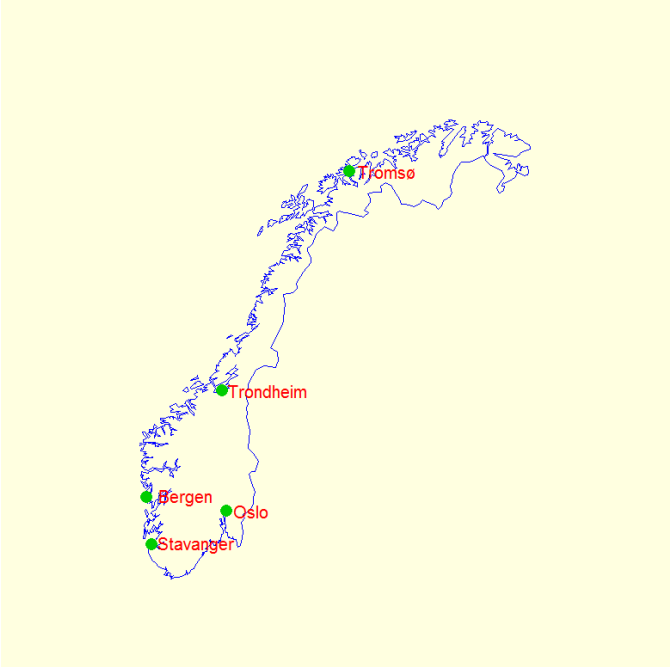



```
#storsirkel gjennom Tromsø og Nordpolen
data(wrld)
plot(wrld,type="l",col=4,xlab="Lengdegrad
(Ø/V)",ylab="Breddegrad (N/S)")
#Tromsø N69grad39min,Ø18grad57min Google Earth
troms<-c(18.95,69.65)
npol<-c(0,0)
sirkel<-greatCircle(troms,npol)
lines(sirkel,col=2,lwd=2)
```



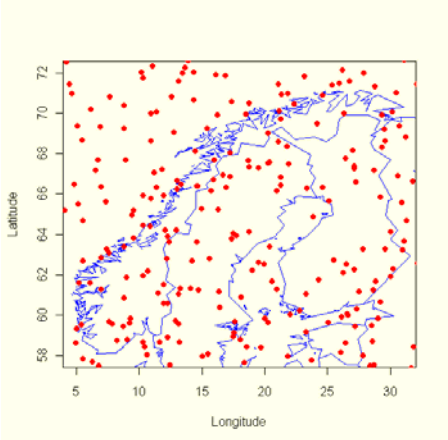

```
#Et mer detaljert kart fra R-pakken mapdata
library(mapdata)
map("worldHires","norway", col=4,xlim = c(5,31), ylim =
c(58,72))
```

```
#Oslo N59grad55min,Ø10grad43min Google Earth
points(10.72,59.92,pch=16,col=3,cex=1.5)
text(12.4,59.92,"Oslo",col=2)
#Bergen N60grad23min,Ø5grad19min Google Earth
points(5.38,60.32,pch=16,col=3,cex=1.5)
text(8,60.32,"Bergen",col=2)
#Trondheim N63grad25min,Ø10grad23min Google Earth
points(10.42,63.38,pch=16,col=3,cex=1.5)
text(13.5,63.38,"Trondheim",col=2)
#Tromsø N69grad39min,Ø18grad57min Google Earth
points(18.95,69.65,pch=16,col=3,cex=1.5)
text(21.5,69.65,"Tromsø",col=2)
#Stavanger N58grad58min,Ø5grad44min Google Earth
points(5.73,58.97,pch=16,col=3,cex=1.5)
text(8.7,58.97,"Stavanger",col=2)
```

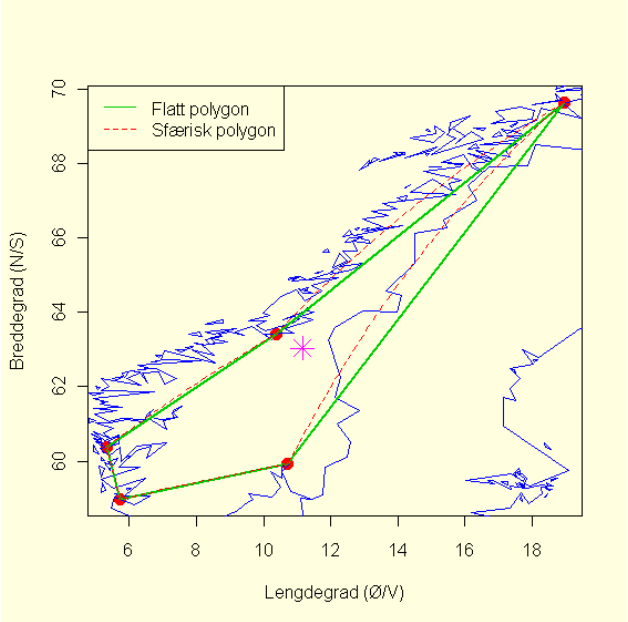


Skal man velge ut tilfeldige punkter for prøveuttak på Jorden må man ta hensyn til at den er kuleformet og tettheten av punkter ved tilfeldig utvalg vil bli tettere ved polene enn ved ekvator. Her er vist en måte å trekke ut tilfeldige koordinater med lengde og breddegrad.

```
#Tilfeldige punkter
plot(wrld, xlim = c(5,31), ylim = c(58,72),type="l", col=4)
a = randomCoordinates(50000)
points(a, col=2,pch=16)
```




```
#polygon dannet av de 5 største universitetsbyene i Norge
osl<-c(10.72,59.92)
stv<-c(5.73,58.97)
berg<-c(5.32,60.38)
trh<-c(10.38,63.42)
troms<-c(18.95,69.65)
poly<-rbind(osl,stv,berg,trh,troms,osl)
#arealet av polygonet m2
areaPolygon(poly)
[1] 152032742751
#lengden av kantene i polygonet m
perimeter(poly)
[1] 2827827
#sentrum av polygonet
centroid(poly)
         lon      lat
[1,] 11.1585 63.03625
plot(poly,pch=16,col=2,cex=1.5,xlab="Lengdegrad
(Ø/V)",ylab="Breddegrad (N/S)")
lines(wrld,col=4)
lines(poly,col=3,lwd=2)
points(centroid(poly),pch=8,cex=2,col=6)
#legger punktene byene på storsirkler
lines(makePoly(poly),lty=2,col=2)
legend("topleft",c("Flatt polygon","Sfærisk
polygon"),col=c(3,2),lty=c(1,2))
```



Det er når avstandene er store vi ser forskjellen på å følge storsirkler.

Når man skal seile eller fly må man ta hensyn til vindretningene, henholdsvis havstrømmer, passatvinder, vestevindbelte eller den meanderformete jetstrømmen.

Artsfordeling og biogeografiske modeller i R

Kart og kartprojeksjoner

Bredde- og lengdeegradene lager et gradnett på Jorden. **Breddegrader** (**latitude**, lat) er horisontale parallelle sirkler og ekvator deler Jorden midt mellom nord- og sydpolen. Breddegradene måles som vinkler i grader (^{o}), minutter (´) og sekunder (´´) med sentrum av Jorden som utgangspunkt. Ekvator har breddegrad 0°, Nordpolen har 90°N (+90°) og Sydpolen har 90°S (-90°). Breddegradene kommer nærmere hverandre ettersom de nærmer seg og forenes ved polene. Lengdegrad (longitude, lon) øst eller vest for nullmeridianen for en lokalitet eller posisjon oppgis først, tilsvarer x-aksen, og deretter breddegrad (latitude, lat). **Lengdegrader** (meridianer, **longitude**, lon) går fra pol til pol og står normalt (vinkelrett) på ekvator. Nullmeridianen går gjennom Greenwich i England (0°) og deler jorda i en østlig og vestlig halvkule, og meridianen på motsatt side av kloden (180°) følger den internasjonale datolinjen. Meridianene viser hvor langt øst eller vest man er for nullmeridianen. Det er 60 meridianer som alle er 6° fra hverandre (60°·6=360°).
Avstanden som tilsvarer en breddegrad er størst ved ekvator og minsker etter hvert som man beveger seg nord eller syd. Punktet der nullmeridianen og ekvator møtes kalles N/S 00 og E/W00. Sørlige og vestlige halvkule får negativt fortegn på gradene.
En posisjon kan beskrives av koordinater.
Meridianer og ekvator er **storsirkler**. En storsirkel deler jorda i to halvparter, og bare snittplan som går igjennom sentrum av jordkloden er storsirkler. Den korteste veien mellom to punkter på jorden er den storsirkel som går igjennom begge punktene.

Rumbelinjer (sp. rumbo-retning), også kalt **loksodromer** *loxo*-skjev,bøyd, *dromos*,*dramein*-forløp, løpe) er kurs med konstant retning. Loksodromer skjærer alle meridianer med konstant vinkel. For meridianer og ekvator blir rombelinjene lik storsirkler, ellers ikke. Rumbelinjer følger spiraler, og når man nærmer seg polene blir det tilnærmet et uendelig antall vindinger, dvs. uegnet når man nærmer seg polene. Loksodromer ble først studert av Pedro Nunes. I Mercators kartprojeksjon blir alle loksodromlinjer (rumbelinjer) rette linjer. På et plan blir loksodromlinjen den korteste vei mellom to punkter, men på en kule blir den korteste veien en storsirkel. Det er lettere å seile langs rumbelinjen (”sail the rumbs”) fordi da kan man velge en fast kurs å styre etter. Seiler man langs en storsirkel må man hele tiden endre kurs.

Kartmatematikk

Tradisjonelt er posisjoner angitt i grader, minutter og sekunder. Det er enklere å regne med radianer enn grader, minutter og sekunder. En sirkel tilsvarer 2π radianer.

$$360^o = 2\pi\ radianer$$

$$vinkel\ (radianer) = \frac{\pi}{180}\ vinkel\ (grader)$$

$$vinkel\ (grader) = \frac{180}{\pi}\ vinkel\ (radianer)$$

Geografiske koordinater er sykliske, flytter man seg 360° så er man tilbake til startstedet.

En **nautisk mil** (1852 meter) tilsvarer buen for 1 minutt, dvs. 1/60 grad og

$$avstand\ (radianer) = \frac{\pi}{180 \cdot 60}\ avstand\ (nautiske\ mil)$$

$$avstand\ (nautisk\ mil) = \frac{180 \cdot 60}{\pi}\ avstand\ (radianer)$$

Hastighetet 1 **knop** per time tilsvarer en nautisk mil per time.
En nautisk mil er beregnet ut fra omkretsen av storsirkelen gjennom polene som blir delt på 360° og 1/60 del av en grad
Et koordinatreferansesystem er basis for all kartografi, for å kunne angi posisjoner og måleenheter for avstandsberegninger. En ellipsemodell for jordkloeden er WGS1984 (Datum Word geodetic System of 1984).

I WGS84 er lengden av storsirkelen gjennom polene lik 40007.864 km
(40007864 /360)/60
[1] 1852.216
En nautisk mil ble i 1929 definert å være 1852 meter.
Et kart viser ikke samme størrelse om området det avbilder, det er nedskalert. Kartskala er kartavstand:reell avstand, for eksempel 1:10000 hvor 1 enhet på kartet tilsvarer 10000 enheter i terrenget.
En grad=1/360 av en sirkel
Et bueminutt= 1/60 av en grad
Et buesekund=1/60 av et bueminutt

Datum og UTM-koordinater

Jorden er ikke en perfekt kule, den er noe sammentrykt ved polene. Radius rundt ekvator er ca. 6378.137 km og radius til polene er ca. 6356.752. Et koordinatreferansesystem er basis for all kartografi for å kunne angi posisjoner og få måleenheter for avstandsberegning, WGS84 - World Geodetic System of 1984, er en mye brukt referanseelipsoide (datum). I denne er ekvatorial radius lik 6378137 m, eksentrisiteten er 0.0818192, flathet f=1/298.25722356 og radius b blir lik a(1-f) lik 6356752.31425 m.

a<-6378137
f<-1/298.25722356
b<-6356752.31425
a*(1-f)
[1] 6356752

Den virkelige distansen for en lengdegrad minsker etter hvert som man beveger seg vekk fra ekvator. For å unngå disse problemene bruker man projeksjonen UTM (Universal Transvers Merkator projeksjon) som lager linjer i rette vinkler med nøyaktig avstandsmål. UTM er en variasjon av Merkators projeksjon som snur sylinderen på siden slik at aksen går gjennom ekvator sentrert på en spesiell meridian og denne gir en nøyaktig nord-syd måling. Alle avstander, retninger, form og arealer blir omtrent riktig innen 15° fra sentralmeridianen.

UTM deler Jorden inn i 60 identiske soner på 6° (1-60) og starter ved den internasjonale datolinjen 180° og telles østover. Ekvator og sentralmeridianen i hver sone får en verdi i meter og en basislinje i hver sone. Gradnettslinjer trekkes parallelt med disse basislinjene. Hver gradnettslinje får en verdi som angir avstanden fra utgangspunktet i sentralmeridianen eller ekvator. Sone 33 og 35 er utvidet til 12° for å få med Svalbard. Sone 32, 34 og 36 er fjernet og sone 31 og 37 er utvidet til 9°.

Hver UTM-sone deles i 20 horisontale bånd på 8°, merket med bokstaver, unntatt bånd X som er på 12°. UTM dekker fra 80°S til 84°N. Bokstavene starter fra syd med C og ender alfabetisk med X i nord, unntatt bokstavene I og O, som lett kan forveksles med 1 og 0. F.eks. U (48-56°), V (56-64°), W(64-72°), X (72-84°). Hver posisjon angis som UTM sone, samt UTM bånd østlig i meter og nordlig i meter (i stedet for grader, minutter og sekunder). Når man bestemmer posisjonen på et kart måler man først øst for nærmeste vertikale linje i forhold til stedet. Man noterer nummeret på den verikale linjen (to tall) og området øst for vertikallinjen deles inn i 10 like store biter på 100 meter. Tall angir hvor mange hundremetere. Østlig blir derfor bestående av 3 tall. Deretter måles oppover/nordover fra nærmeste horisontale linje (to tall) og angir med et tall hvor mange 100 metere i tillegg (i alt 3 tall). : altså rekkefølgen østlig/nordlig eller les: **høyre og opp !**. Brukes 8 tall blir nøyaktigheten nærmeste 10-meter. Koordinatene skrives som et kontinuerlig alfanumerisk symbol uten mellomrom, parenteser etc. Nederst på kartet finner du sonebelt f.eks. 32V og 100 km rute f.eks. NM. Østlig starter på 500.000 meter på senterlinjen (sentralmeridianen) i hver sone. På den nordlige halvkule starter nordlig ved ekvator på 0 og øker mot nordpolen. På den sydlige halvkule starter nordlig på 1.000.000 på ekvator og minsker når man beveger seg mot sydpolen. Hver rute på M-711 kartet tilsvarer 1000 x 1000 meter

Polområdene arktis og antarktis beskrives best av en konisk **stereografisk kartprojeksjon** kalt Universal Polar Stereografisk (UPS) hvor breddesirklene blir sirkler og meridianene blir rette linjer. Ved stereografisk projeksjon brukes den motsatte polen som utgangspunkt for projeksjonslinjene. I UPS-nettverket benyttes også bokstavene A, B og Y og Z.

Biogeografiske modeller

Fordelingen av arter på Jorden følger biogeografiske mønstre. Artenes utberedelse og geografiske fordeling er avhengig av evolusjonsbiologisk spredningspotensial, og av abiotiske og biotiske omgivelsesvariable. Abiotiske faktorer er gjennomsnittstemperatur, nedbør, frost (isbre, snødybde), tørke, saltholdighet (limnisk, marin, salinisering av jord), vegetasjonsdekke og vegetasjonssjikt, topografi (høyde over havet, helning), solinnstråling, skydekke og daglengde, geostatistikk (jordtype og næringsforhold i jorda), oksygentilgang (anoksis/hyposis/aerob), pH, og antropogen påvirkning (landbruk, hogst, veitetthet og transportsystemer, byer). Hutchinson definerte begrepet fundamental nisje for en art som samlingen av omgivelsesfaktorer hvor en art kan overleve og eksistere. Dette tilsvarer et n-dimensjonalt vektorrom av miljøparametre (økologiske variable). Et estimat av potensielle nisjer kan sammenlignes med aktuell fordeling av arter. Modeller kan brukes til å prediktere hvor en art vil kunne befinne seg. Man kan modellere både den aktuelle og potensielle geografiske fordeling av arter ut fra artenes krav til voksemiljøparametre. Modellene kan brukes til å prediktere spredningsresponsen av invaderende arter, eller innen bevaringsbiologi ved reintrodusering av arter. Mange artsforekomster er korrelerte. I en binær modell vil responsvariabelen være tildstede versus ikke-tilstede på en lokalitet, og kan bli analysert med multivariabel statistikk, logistisk regresjon, GLM, GAM , dikriminantanalyse, Mahalanobisavstand og romlig autokorrelasjon. Prevalens angir andelen steder hvor arten er tilstede. Modellene må kalibreres mot aktuelle data.

I artsfordelingsmodeller er studiestedet et rasterkart med et rektanguler ruter (celler, piksler) som danner et rutenett med N gridceller. Uavhengige kontinuerlige økogeografiske variable har en kvantitativ beskrivelse i hver rute. Kategoriske data kan transformes til kontinuerlige, og de økologiske variable må først normaliseres for eksempel ved **Box-Cox-transformasjoner**. Med N ruter og V variable gir dette en *NxV* matrise og en *VxV* kovariansematrise.

Tilstedeværelse og habitatvalg (homerange) kan undersøkes med **økologiske nisjefaktoranalyse** (ENFA), for eksempel R-pakkene *enfa* og *adehabitat*. Ofte er det innsamlet data fra GPS-sendere montert på dyr, RFID-brikker eller ved radiopeiling. Noen modeller er basert på maskinell læring som Maxent og ANN (Kunstige neurale nettverk). **Maxent-modeller** brukes til artshabitatmodellering, bl.a. via dismo, for å finne sannsynlighetsfordelingen for maksimal entropi, og kan brukes på både kategoriske og kontinuerlige variable. Maksimal entropi betyr mest mulig spredt. Andre modeller er GARP, BioMod og BioClim.
R-pakken *raster* kan behandle rasterdata, også store datasett siden det er bare strukturen i datasettet som lagres, ikke variabelverdiene i hver rute.

Artsdatabaser og artsfordelingsanalyse

Biologiske og omgivelsesdata finnes tilgjengelig i søkbare webportaler, og via Geografiske informasjonssystemer (GIS) kan man velge geografiske referansesystemer for eksempel WGS84, slik at dataene befinner seg i samme koordinatsystem. Man kan ha egne data hvor for eksempel første kolonne er art, og deretter lon og lat. Data kan også bli lest inn fra databaser via pakken RODBC. **Global Biodiversity Information Facility** (GBIF) (http://www.gbif.org) inneholder informasjon om artsfordeling på Jorden. Ved bruk av slike data må man ta hensyn til dobbeltregistreringer, feilregistreringer og at all innsamling av

artsdata har en slagside (bias), forskjellige land investerer i forskjellig grad i innsamling av artsdata og artsdata i mange land er underrapportert. Artsdata er samlet inn der det er lett å bevege seg, langs stier og transportsystemer (veier, elver, toglinjer). Museumssamlinger er opptatt av sjeldne arter i forskjellige land og geografiske regioner, mens det er færre data vedrørende vanlige forekommende arter. Mange arter er ukjente, og det er manglende kunnskap om fordeling av mange arter. Arter kan også mange geografiske koordinater.

	Tilstede	Ikke-tilstede
Prediktert tilstede	a	b
Prediktert ikke tilstede	c	d

Korrekt klassifisert

$$\frac{a+d}{a+b+c+d}$$

Art tilstede kodes 1, ikke.tilstede er 0.
Worldclim (http://www.worldclim.org/) inneholder interpolerte klimadata med 1 km^2 oppløsning.
Det internasjonale klimapanelet **Intergovernmental Panel on Climate Change** (CIPCC) har flere datasett tilgjengelig (http://www.ipcc-data.org/). NOAA har samlet både paleoklimadata (http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/paleo.html) og data om verdenshavene (NODC) (http://www.nodc.noaa.gov). For Norge
Genrerelle sirkulasjonsmodeller (GCM) brukes til å forutsi klima.

Fjernanalysedata av vegeasjonsdekke finnes i **Global Landcover Facility** (http://gcmd.nasa.gov/records/GCMD_GLCF_LANDSAT_SCENES.html)
og fra NASA MODIS (http://modis.gsfc.nasa.gov/data). UNEP har data om jordtyper (http://www.grid.unep.ch/data/data.php?category=lithosphere)

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) og CRS (PROS.4 Cartographic Projections Library) er åpne kildeprosjekter. GDAL er et bibliotek for å lese og skrive geografiske rasterdata. Romlige vektordata er i form av punkter, linjer eller polygoner. For utveksling av vektordata er shape-filer fra ESRI mye brukt. OGR er en vektorfunksjon i GDAL som kan brukes til å lese romlige data.
Romlige vektordata er punkter, linjer eller polygoner. En måte å utveksle vektordata er shape-filer fra ESRI, som benytter tre filer,. shp, en indeksfil (.shx) og en databasefil (.dbf).

Man kan eksportere data som XML (Keyhole Markup Language) for overføring til Google Earth, benytter WGS84 datum. Det er mulig å lage raster overlag til Google Earth som PNG-grafikk.

GRASS-GIS (Geographic Resources Analysis Support System) kan behandle raster og topologiske vektorer, og pakken spgrass6 danner et grensesnitt mellom R og GRASS.

3D kart inneholder digitale høydemodeller (DEM),topografi og høydedatabaser:
Høydedatabase for omgivelsesvariable i 1km^2 ruter finnes fra USGS http://edc.usgs.gov/
http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1

http://vterrain.org/Elevation/global.html

http://www.worldclim.org/

Globale administrasjonsområder:http://www.gadm.org/

pakken raster innholder kommandoen getData som brukes til å hente data fra wordclim
SRTM 90m Digital Elevation Data
http://srtm.csi.cgiar.org/

#landskoder
getData('ISO3')

Frie GIS-data kan lastes ned fra
http://diva-gis.org/gdata

```
?getData
#landskoder
getData('ISO3')
getData('GADM', country="NOR", level=1)
getData('worldclim', var='bio', res=10)

getData('alt', country='FRA', mask=TRUE)

getData('SRTM', lon=5, lat=45)
getData('worldclim', var='tmin', res=0.5, lon=5, lat=45)
```

Momenter:
Kappa-statistikk (Cohen)
AUC- Area Under the Receiver Operating Characeristic Curve, Sannsynligheten for at modellen skiller mellom tilstede-ikke tilstede
ROC – Receiver Operating Characteristic curve
Bootstrapping uten tilbaklegging gjør at en forekomst bare blir registrert en gang
k-fold oppdeling. Data deles i k deler med lik størrelse

Kart og artsdata i R

GBIF-data kan bli analysert med R-pakken **dismo** (R.J. Hijmans) og pakken **rgbif** som gir grensenitt til GBIF API-metoder. Google Static Maps API gir adgang til statiske kart på Google-serveren. API (Application Programming Interface) er et grensesnitt mellom et program og en database eller maskinvare, for eksempel Twitter-API for tekstkorpusanalyse.

Noen nyttige R-pakker i analyse av kart og kartdata er

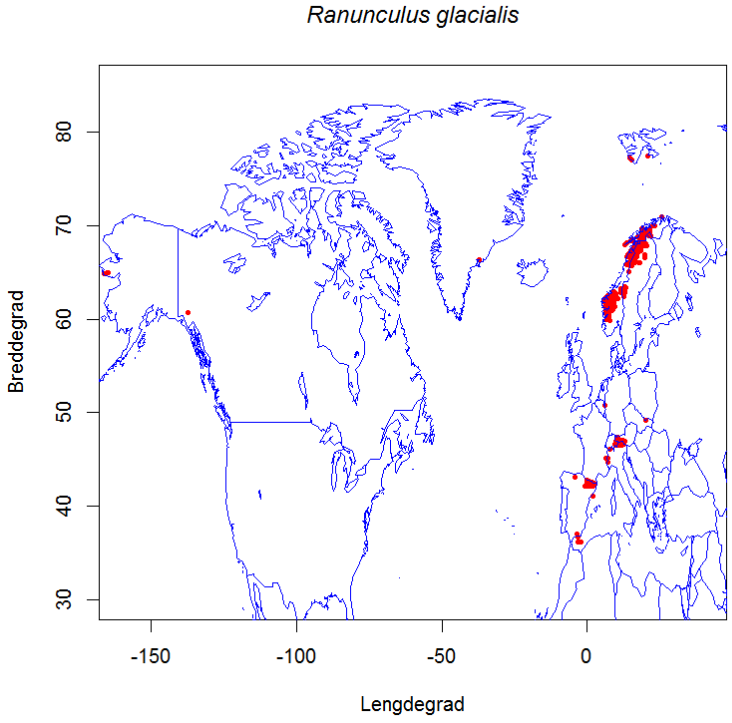
```
library(maptools)#lese og handtere romlige objekt
library(help=maptools)
```

```
library(mapdata)#ekstra kartdatabaser
library(maps)#tegne geografiske kart
library(rgdal)#binding til Geospatial Data Abstraction Library
library(raster)#raster geografisk dataanalyse og modeller
library(rasterVis) #visualiseringsmetoder for raster
library(spatstat)#romlig punktmønsteranalyse
library(geosphere) #sfærisk trigonometri
library(PBSmapping)#fiskeridata og romlig analyseverktøy
library(XML)#XML I R
library(dismo)#artsfordelingmodellering
library(rgbif)#grensesnitt til GBIF API-metoder
library(plyr)#verktøy for å splitte å kombinere data
library(httr)#verktøy for URL og HTTP
library(RgoogleMaps)#legge over Google-map ruter
library(gooJSON)#Google JSON data tolker I R
library(sp)#Klasser for romlige data
library(BioCalc)
library(BIOMOD)
library(SDMTools)
library(Metadata)#metadata fra nettet
#Romlig statistikk
library(spatstat)#romlig mønsteranalyse, modeller simulering
library(spatial)#Kriging og punktmønsteranalyse
library(spatgraphs)#grafikk for romlig mønster
library(ecespa)#romlig punktmønsteranalyse øko
#Geostatistikk
library(gstat)#geostatistikkmodellering og simulering
library(geoR)#analyse geostatistikkdata
library(spdep)#romlig avhengighet
library(akima)#interpolering romlige data (spline)

library(rgbif)
library(plyr)
```

I det følgende eksemplet skal vi se på issoleie (*Ranunculus glacialis*)

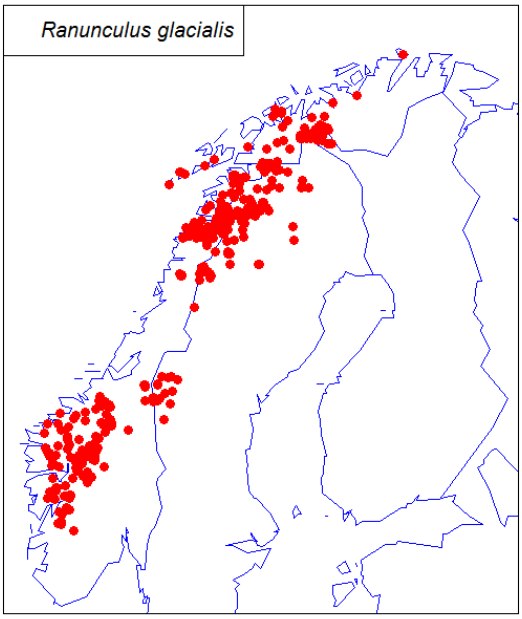
```
#last ned følgende pakker
library(XML)
library(httr)
library(maps)
library(ggplot2)
library(dismo)
library(raster)
library(maptools)
library(mapdata)
library(rgdal)

#laster ned artsdata fra gbif via pakken dismo
#issoleie, * med kombinasjoner, uten georeferanse
```

```
issol<-gbif("Ranunculus","glacialis*", geo=F)
Ranunculus glacialis* : 2112 occurrences found
0-1000-2000-2112
dim(issol)
[1] 2112   25
colnames(issol)
 [1] "species"               "continent"             "country"
 [4] "adm1"                  "adm2"                  "locality"
 [7] "lat"                   "lon"                   "coordUncertaintyM"
[10] "alt"                   "institution"           "collection"
[13] "catalogNumber"         "basisOfRecord"         "collector"
[16] "earliestDateCollected" "latestDateCollected"   "gbifNotes"
[19] "downloadDate"          "maxElevationM"         "minElevationM"
[22] "maxDepthM"             "minDepthM"             "ISO2"
[25] "cloc"
 #tar vekk lokaliteter uten georeferanse
issolageo<-subset(issol,!is.na(lon)&!is.na(lat))
issolageo<-subset(issol,!is.na(lat+lon))#alternativt
dim(issolageo)
[1] 1258   25
#ser på et utvalg av datasettet
issolageo[1:2,c(1:8)]
#lager plot av lokalitene og begrenser området
plot(issolageo$lon,issolageo$lat,col=2,pch=16,cex=0.5,
xlab="Lengdegrad",ylab="Breddegrad",
xlim=c(-160,40),ylim=c(30,85),
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
map("world",add=T,col=4)
```




```
#fjerning av dobbeltregistreringer med spatstat
library(spatstat) #laster in spatstat
```

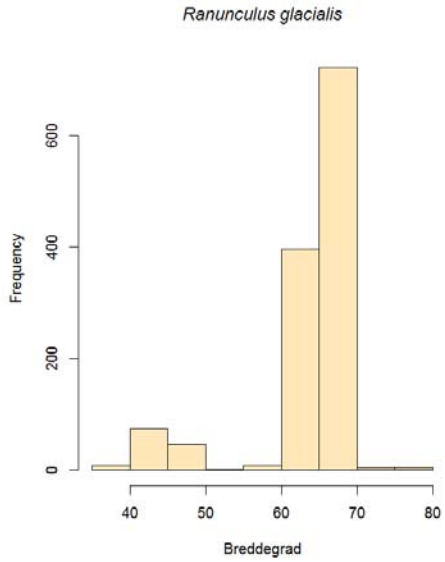
```
#x=lengdegrad (longitude) og y=breddegrad (latitude)
x<-issolageo$lon; y<-issolageo$lat
w<- ripras(x,y) #estimerer vindu for (x,y)
wp<-ppp(x,y,window=w)#lager et punktmønster
dupv<-duplicated.ppp(wp) #bestemmer dobbeltregistreringer
#nye koordinater (x2,y2) uten duplisering
x2<-x[which(dupv==F)] ; y2<-y[which(dupv==F)]
plot(x2,y2,col=2,pch=16,cex=0.5,xlab="Lengdegrad",ylab="Bredde
grad")
map("world",add=T,col=4)
#antall registreringer etter at dobbeltreg er fjernet
length(x2)
 [1] 937
length(x) #registreringer før dobbeltreg fjernet
 [1] 1258

#plotter data for Skandinavia uten Svalbard
map("world", xlim=c(4,32),ylim=c(58,72),col=4)
points(x2,y2,col=2,pch=16)
legend("topleft",expression(italic("Ranunculus glacialis")))
box()
```

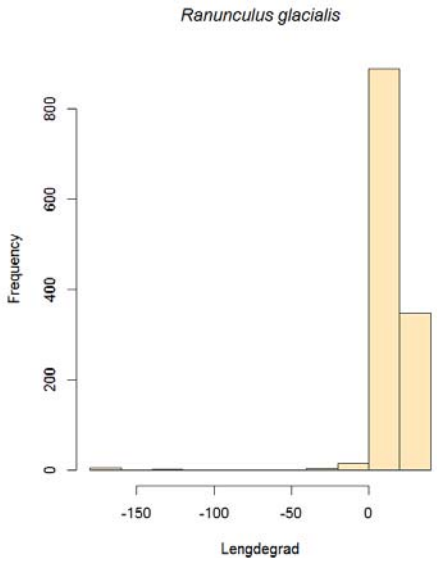



```
#tabell issoleie fordelt på land
table(issolageo$country)
   Andorra        Austria         Canada        Finland         France
        13             22              1            237              2
    Germany      Greenland          Italy         Norway         Poland
```

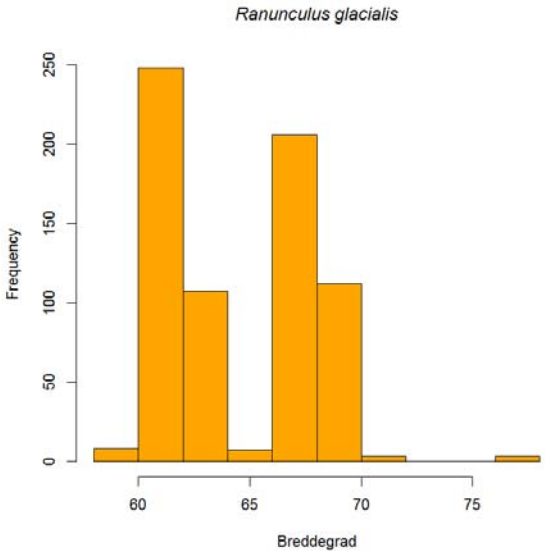
```
          5           2          13         694           1
      Spain      Sweden Switzerland United States
         66         192           5           5
```

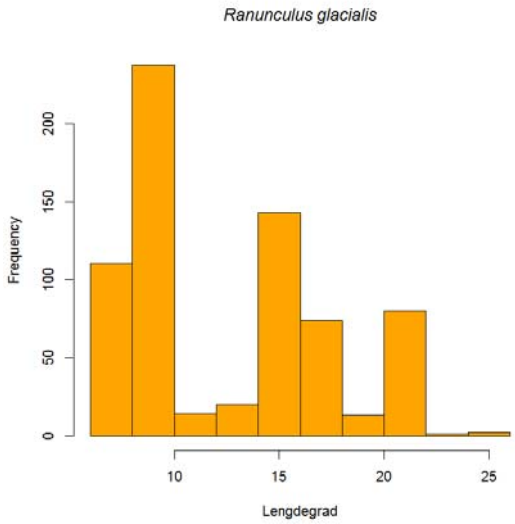
```
#histogram for lengde- og breddegrader
hist(issolageo$lon,xlab="Lengdegrad",col="wheat1",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
hist(issolageo$lat,xlab="Breddegrad",col="wheat1",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```






```
#plukker ut issoleie bare fra Norge
issolno<-subset(issolageo,country=="Norway")
summary(issolno) #oppsummering for Norge
hist(issolno$lat,xlab="Breddegrad",col="orange",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
hist(issolno$lon,xlab="Lengdegrad",col="orange",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```





Det er to hovedtopper for utbredelse for breddegrader.

Kommandoen getData i pakken raster kan brukes til å hente geografiske data fra føglende:

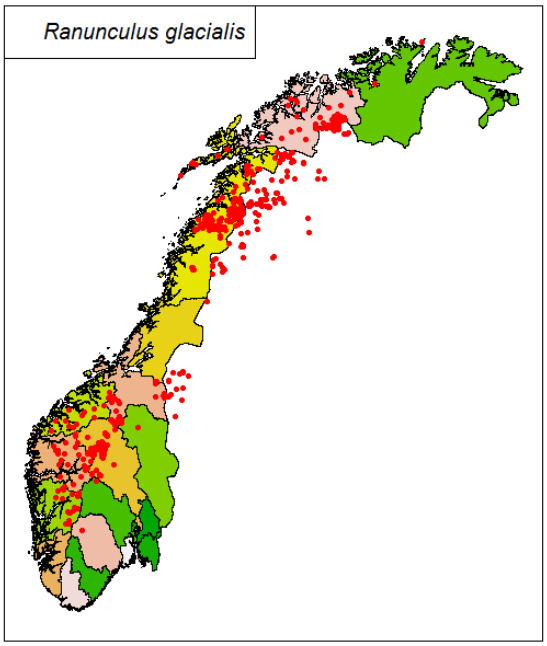
http://www.worldclim.org

http://srtm.csi.cgiar.org/

http://diva-gis.org/gdata

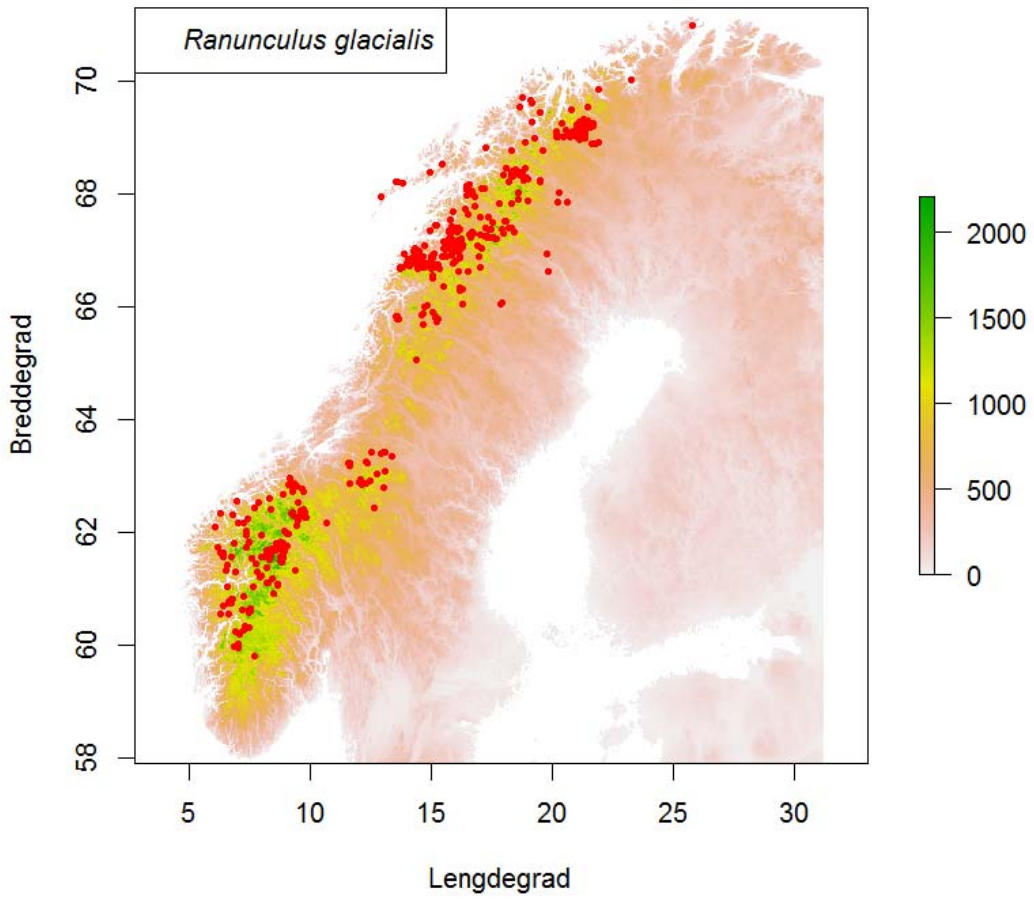
GADM bruker ISO3 trebokstav landskoder

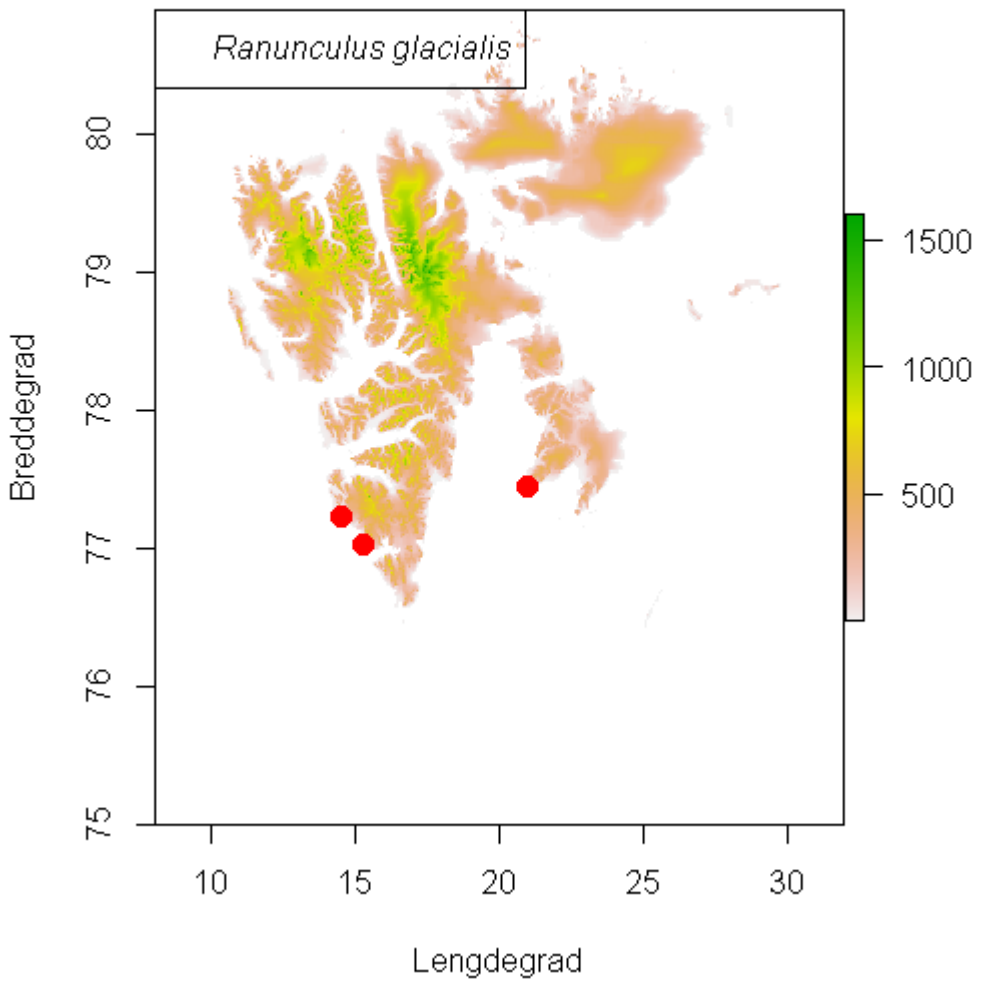
```
#data fra GADM http://www.gadm.org
#administrative data fylker Norge
n1<-getData("GADM",country="NOR",level=1)
plot(n1,col=terrain.colors(19))
box()
points(x2,y2,col=2,pch=16,cex=0.5)
legend("topleft",expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```



Frie GIS-data kan lastes ned fra
http://diva-gis.org/gdata

```
#laster ned høydedata alt fra DIVA
library(rgdal)
library(raster)
top=raster("NOR_alt.grd")
plot(top,xlab="Lengdegrad",ylab="Breddegrad")
points(x2,y2,col=2,pch=16,cex=0.5)
legend("topleft",expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```

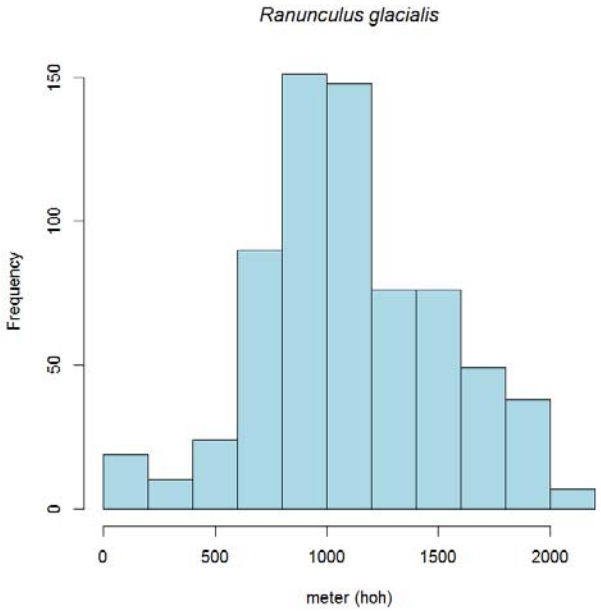

Ranunculus glacialis
Breddegrad
70
68
66
64
62
60
58
5
10
15
20
25
30
Lengdegrad
2000
1500
1000
500
0



http://biogeo.ucdavis.edu/data/gadm2/R/

```
#høydefordeling for Norge ###
#plukker ut issoleie bare fra Norge
#laster ned høydedata alt fra DIVA
#http://diva-gis.org/gdata
#Nor_alt.grd,Nor_alt.gri,Nor_alt.vrt
issolno<-subset(issolageo,country=="Norway")
summary(issolno) #oppsummering for Norge
hist(issolno$lat,xlab="Breddegrad",col="orange",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
hist(issolno$lon,xlab="Lengdegrad",col="orange",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
head(top)
#plukker ut høyde over havet hoh
```

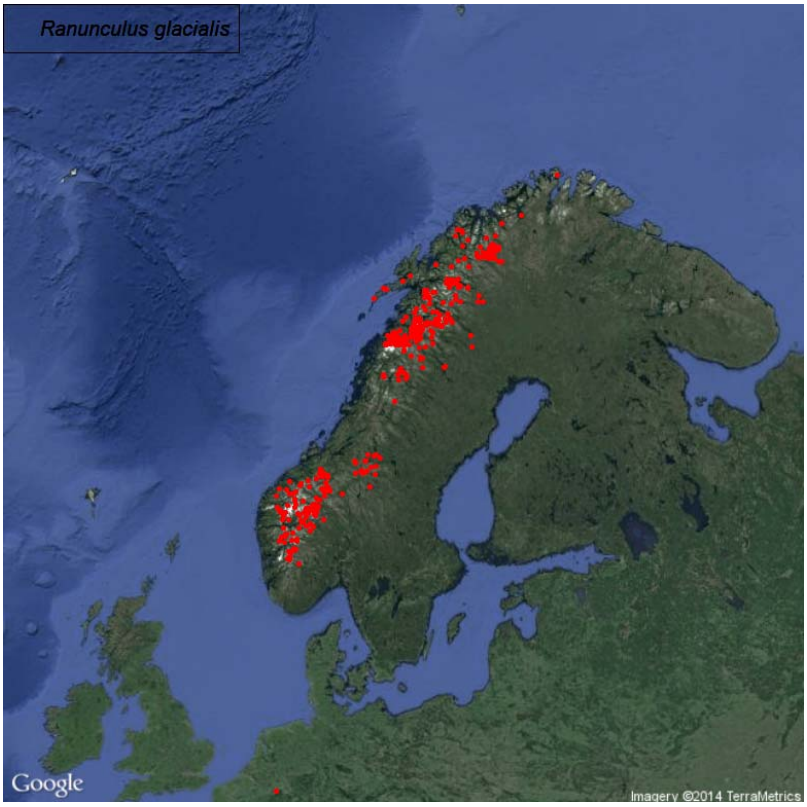
```
hoh<-extract(top,x2y2[ c("lon", "lat")])
hoh<-na.omit(hoh) #fjerner NA
hist(hoh,col="lightblue",xlab="meter (hoh)",
main=expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```



Vi kan også lage et plot ved å benytte GoogleEarth via pakken RgoogleMaps:

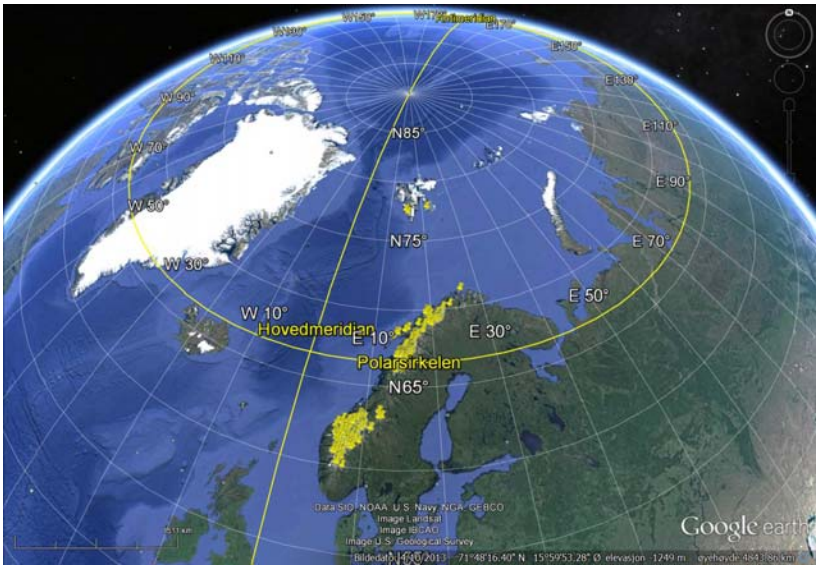
```
#plotter via Google
library(RgoogleMaps)
getwd() #arbeidsdirektorium
#sett arbeidsdirektorium som sti, velg din egen
sti<-"D:/BIO2150/2013/Rfiler" #min sti
kart1.n<-paste(sti,"kart1",".png",sep="")
zoom<-4 ; lonc<-15 ; latc<-65 ; center<-c(latc,lonc) ;
maptype<-"terrain"
norway<- GetMap(center=center, zoom=zoom,
maptype=maptype,destfile=kart1.n)
PlotOnStaticMap(norway,destfile=kart1.n)
PlotOnStaticMap(norway,lat=y2,
lon=x2,pch=16,cex=0.5,col=2,verbose=0,destfile=kart1.n)
legend("topleft",expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```

```
#satelittkart
kart2.n<-paste(sti,"kart2",".png",sep="")
zoom<-4 ; lonc<-15 ; latc<-65 ; center<-c(latc,lonc) ;
maptype<-"satellite"
norway<- GetMap(center=center, zoom=zoom,
maptype=maptype,destfile=kart2.n)
PlotOnStaticMap(norway,destfile=kart2.n)
PlotOnStaticMap(norway,lat=y2,
lon=x2,pch=16,cex=0.5,col=2,verbose=0,destfile=kart2.n)
legend("topleft",expression(italic("Ranunculus glacialis")))
```



Vi kan også plotte dataene direkte inn i GoogleEart via en kml-fil

```
#GBIF lagrer artsdata med datum WGS84
#må fortelle rgdal av vi bruker WGS84
GEO.WGS84<-CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84
+no_defs")
#lager et romlig punkt dataramme
issol.sp<-
SpatialPointsDataFrame(issolno[,c("lon","lat")],issolno,
proj4string=GEO.WGS84)

#eksporterer issoleiedata til KML fil som åpnes i Google Earth
writeOGR(issol.sp,"issoleie.kml","issoleie",driver="KML")
#Starter Google Earth i en nettleser
#Går til File på menylinjen og åpne fil issoleie.kml
```



Det er mulig å endre de gule merkestiftmarkeringene i Google Earth.

Laster ned klimadata fra worldclim, For minimumstemperatur blir disse lagret for hver måned, 12, i mappen wc0.5, tmin1_06.bil (binære data) og tmin1_06.hdr (tekstfil som beskriver data)
Minimum oppløsning er 0.5, og gir ca. 16.6 Mb data

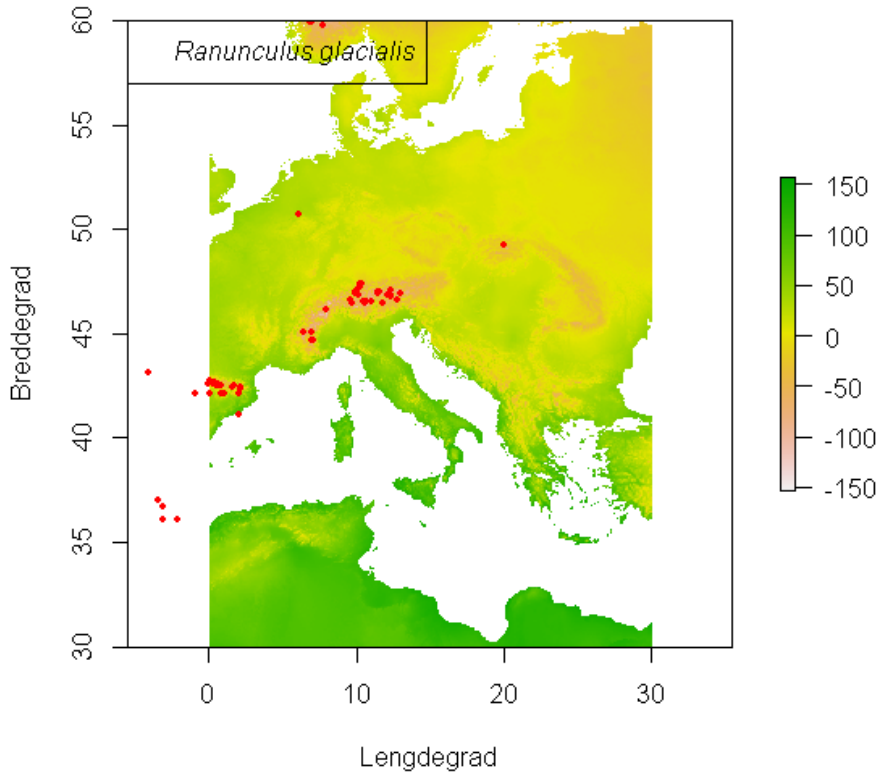
```
tmin<-getData("worldclim",var="tmin", res=0.5, lon=15, lat=65)
#bioklimatiske variable
library(raster)
b<-getData("worldclim",var="bio",res=0.5,lon=15,lat=65)
trying URL 'http://biogeo.ucdavis.edu/data/climate/worldclim/1_4/tiles/cur/bio_06.zip'
Content type 'application/zip' length 26311959 bytes (25.1 Mb)
opened URL
downloaded 25.1 Mb

rgdal: version: 0.8-9, (SVN revision 470)
Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
Loaded GDAL runtime: GDAL 1.9.2, released 2012/10/08
Path to GDAL shared files: C:/Program Files/R/R-2.15.2/library/rgdal/gdal
GDAL does not use iconv for recoding strings.
Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.7.1, 23 September 2009, [PJ_VERSION: 470]
Path to PROJ.4 shared files: C:/Program Files/R/R-2.15.2/library/rgdal/proj
```

BIO1 = Årlig gjennomsnittstemperatur
BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)
BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100)
BIO5 = Maksimumstemperatur varmeste måte
BIO6 = Minimumstemperatur kaldeste måned
BIO7 = Årstemperatur intervall (BIO5-BIO6)
BIO8 = Gjennomsnittstemperatur våteste kvartal
BIO9 = Gjennomsnittstemperatur tørreste kvartal
BIO10 = Gjennomsnittstemperatur varmeste kvartal
BIO11 = Gjennomsnittstemperatur kaldeste kvartal

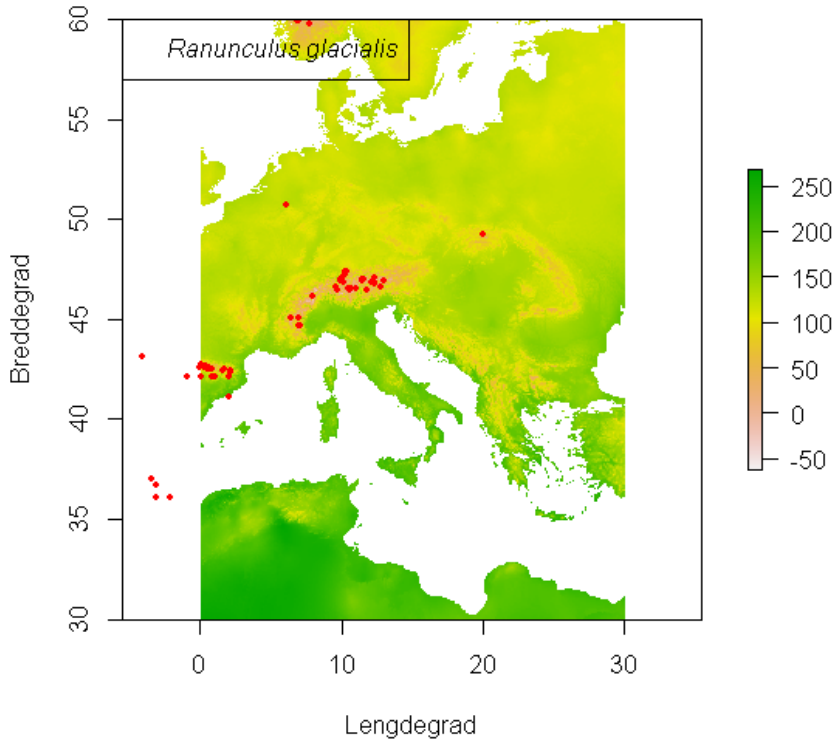
BIO12 = Årsnedbør
BIO13 = Årsnedbør våteste måned
BIO14 = Årsnedbør tørrelste måned
BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
BIO16 = Nedbør våteste kvartal
BIO17 = Nedbør tørreste kvartal
BIO18 = Nedbør varmeste kvartal
BIO19 = Nedbør kaldeste kvartal

tmean = månedsgjennomsnitt gjennomsnittstemperatur(°C * 10) NB! X10
tmin = månedsgjennomsnitt minimumstemperatur (°C * 10) NB! X10
tmax = månedsgjennomsnitt maksimumstemperatur (°C * 10) NB! X10
prec = månedsgjennomsnitt nedbør (mm)
bio = bioclimatic variables utledet fra tmean, tmin, tmax and prec
alt = hohaltitude (høyde over havnivå) (m) (fra SRTM)
m = måned nr, 1 (januar) til 12 (desember)
x = koder for bioklimatiske variable nevnt over bioclimatic variable

```
library(rgdal)
library(raster)
r = raster("tmin01")
#worldclim biodata bil hdr filer
library(rgdal)
library(raster)
"bio1_06.bil"
r1=raster("bio1_06.bil")
plot(r1)
rt1 = raster("tmin1_06.bil")
plot(rt1)
```

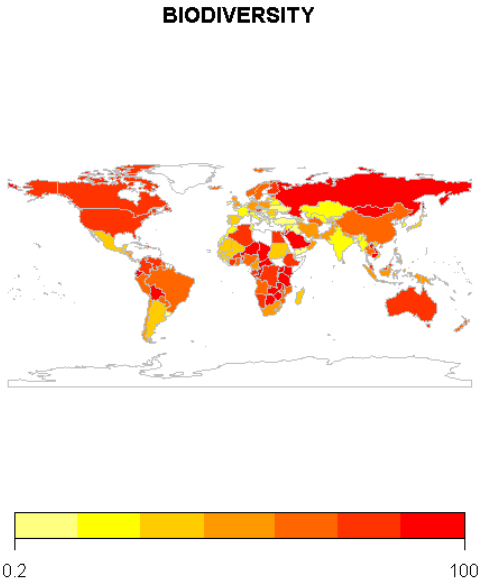


Minimumstemperatur april. Skala/10 gir oC.



Minimumstemperaturen i august

```
#plotting av kart via dismo, her Norge
#velg annet land hvis ønskelig
library(dismo)
norge2<-gmap("Norway")
plot(norge2)
#legg inn zoom via  e.g.,exp=2
norge3<-gmap("Norway",type="satellite")

#kart via rworldmap
library(rworldmap)
library(rworldextra)
k2<-getMap(resolution="high",projection="none")
plot(k2)
mapCountryData()
mapCountryData(mapRegion="europe")
mapGriddedData(mapRegion="europe")
mapCountryData()
data("countryExData",envir=environment(),package="rworldmap")
biodiv<-joinCountryData2Map(countryExData,joinCode="ISO3",
nameJoinColumn="ISO3V10")
mapCountryData(biodiv,nameColumnToPlot="BIODIVERSITY")
```



Biologibygningen (Kristine Bonnevies hus) på Blindern ligger på 59°56'16.10''N. 1 grad=60 minutter, 1 minutt=60 sekunder. Hva blir denne posisjonen omregnet til grader ?
Fasit:
59+56/60+16.10/3600
[1] 59.9378

Litteratur:
Hijmans, RJ & Elith J: *Species distribution modeling with R* (2013)

```
#GRASS
#spgrass, rgrass6
```

Litteratur

R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Wikipedia