

Figur 1. Tidslinje over livets historie.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

		2. codon position								
		U		C		A		G		
1. codon position	U	UUU	Phenylalanin (F)	UCU	Serin (S)	UAU	Tyrosin (Y)	UGU	Cystein (C)	U
		UUC	Phenylalanin (F)	UCC	Serin (S)	UAC	Tyrosin (Y)	UGC	Cystein (C)	C
		UUA	Leucin (L)	UCA	Serin (S)	UAA	Stopcodon	UGA	Stopcodon	A
		UUG	Leucin (L)	UCG	Serin (S)	UAG	Stopcodon	UGG	Tryptofan (W)	G
	C	CUU	Leucin (L)	CCU	Prolin (P)	CAU	Histidin (H)	CGU	Arginin (R)	U
		CUC	Leucin (L)	CCC	Prolin (P)	CAC	Histidin (H)	CGC	Arginin (R)	C
		CUA	Leucin (L)	CCA	Prolin (P)	CAA	Glutamin (Q)	CGA	Arginin (R)	A
		CUG	Leucin (L)	CCG	Prolin (P)	CAG	Glutamin (Q)	CGG	Arginin (R)	G
	A	AUU	Isoleucin (I)	ACU	Threonin (T)	AAU	Asparagin (N)	AGU	Serin (S)	U
		AUC	Isoleucin (I)	ACC	Threonin (T)	AAC	Asparagin (N)	AGC	Serin (S)	C
		AUA	Isoleucin (I)	ACA	Threonin (T)	AAA	Lysin (K)	AGA	Arginin (R)	A
		AUG	Methionin (M) startcodon	ACG	Threonin (T)	AAG	Lysin (K)	AGG	Arginin (R)	G
	G	GUU	Valin (V)	GCU	Alanin (A)	GAU	Aspartat (D)	GGU	Glycin (G)	U
		GUC	Valin (V)	GCC	Alanin (A)	GAC	Aspartat (D)	GGC	Glycin (G)	C
		GUA	Valin (V)	GCA	Alanin (A)	GAA	Glutamat (E)	GGA	Glycin (G)	A
		GUG	Valin (V)	GCG	Alanin (A)	GAG	Glutamat (E)	GGG	Glycin (G)	G

Figur 2. Den genetiske kode.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Kodende DNA-streng	5'	ATG	GCC	CTG	TGG	ATG	3'
mRNA	3'	AUG	GCC	CUG	UGG	AUG	5'
Protein	N-terminal	M	A	L	W	M	C-terminal

Figur 3. Udsnit af et gen samt den resulterende mRNA- og proteinsekvens.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

?

Forfar
Menneske/chimpanse

5' CTC G?G CTG CTG GCC 3'



Menneske

Chimpanse

5' CTC GCG CTG CTG GCC 3'

5' CTC GTG CTG CTG GCC 3'

Menneske	5'	CTC	GCG	CTG	CTG	GCC	3'
Chimpanse	5'	CTC	GTG	CTG	CTG	GCC	3'

Figur 4. Homologe sekvenser fra menneske og chimpanse og en udledt sekvens for en fælles forfar.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a												
Menneske	5'	CGT	TGA	CTA	TTC	TCT	ACA	AAC	CAC	AAA	GAC	3'
Mus	5'	CGT	TGA	TTA	TTC	TCA	ACC	AAT	CAC	AAA	GAT	3'
b												
Menneske	N-terminal	R	W	L	F	S	T	N	H	K	D	C-terminal
Mus	N-terminal	R	W	L	F	S	T	N	H	K	D	C-terminal

Figur 5. De fleste mutationer er synonyme.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

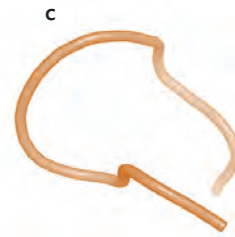
Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



CYIQNCPLG



CYIQNCPPG

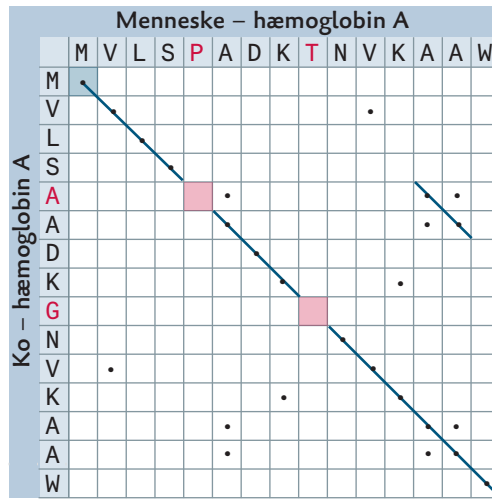


CYIQNPPLG

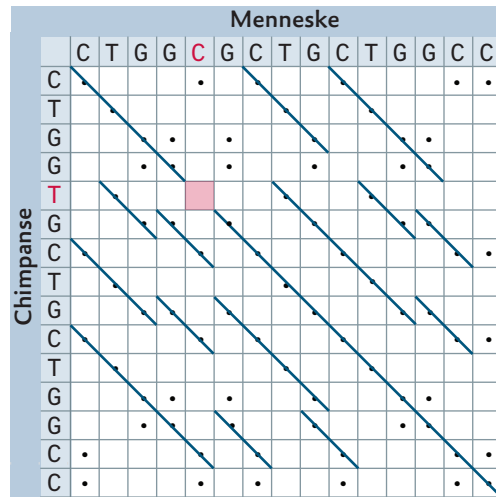
Figur 6. Ændring af proteinsekvens medfører ændringer af proteinstrukturer.
Bioteknologi 6 · Tema 12
© 2012 · by Nucleus Forlag ·
Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Menneske	N-terminal	MVLS P ADK T NVKAAW	C-terminal
Ko	N-terminal	MVLS A ADK G NVKAAW	C-terminal

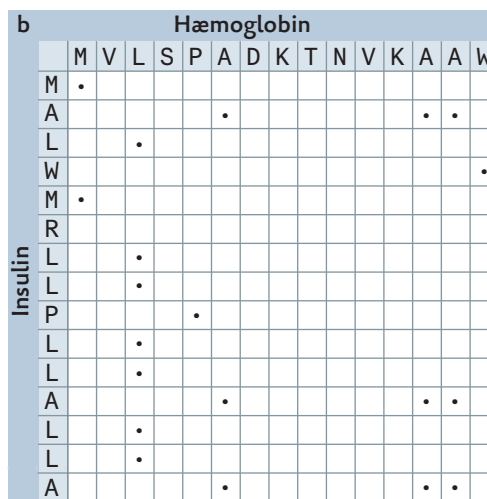
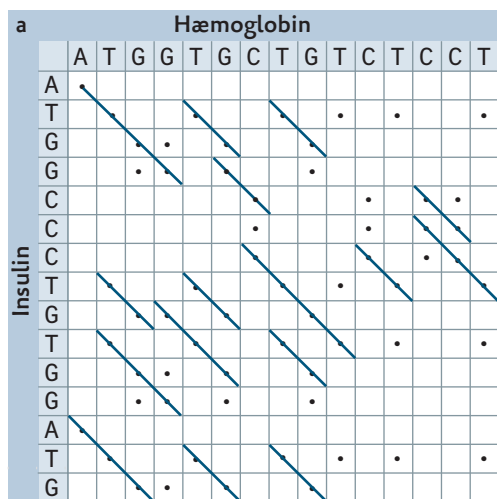
Figur 7. Parvis alignment af et udsnit af hæmoglobin A-proteinsekvenser.
Bioteknologi 6 · Tema 12
© 2012 · by Nucleus Forlag ·
Illustration: Elin Steffensen, Cigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 8. Dotplot af et udsnit af hæmoglobin A-proteinsekvenser fra menneske og ko.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 9. Dotplot af et udsnit af insulingenet fra mennesket og chimpansen.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



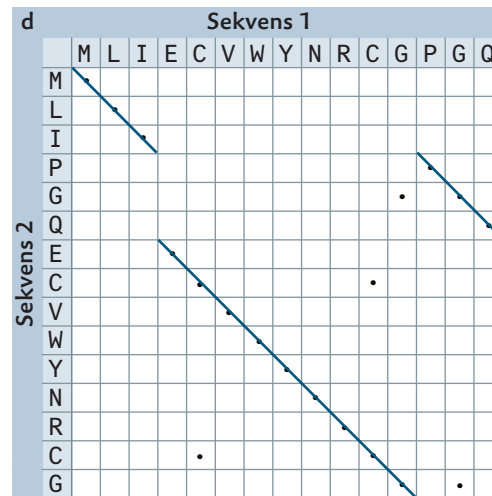
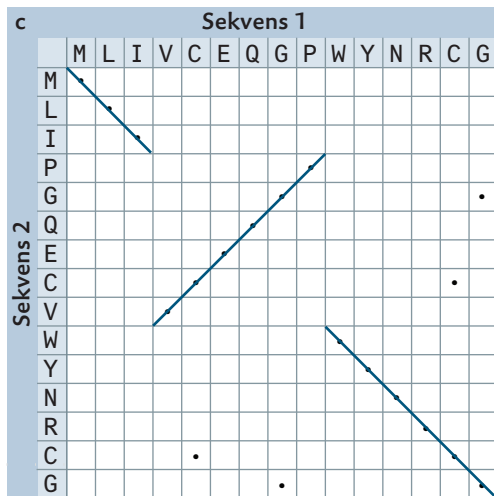
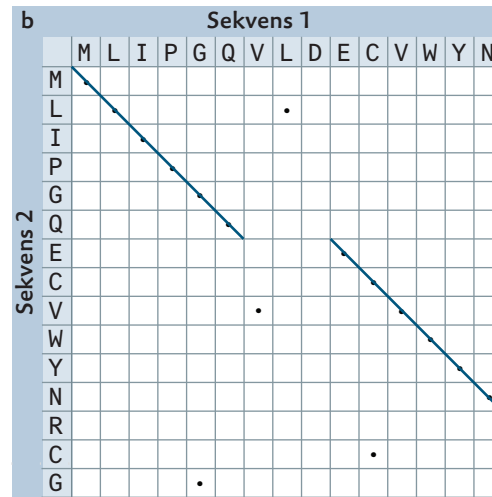
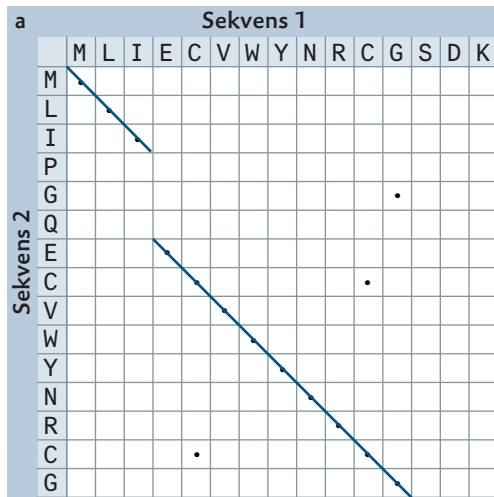
Figur 10. a. Dotplot af et udsnit af menneskets hæmoglobin A-gen og insulinen.

b. Dotplot af de tilsvarende proteinsekvenser.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 11. Eksempler på kromosommutationer.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Menneske	207	GGG	GGC	CCT	GGT	GCA	GGC	AGC	CTG	CAG	CCC	TTG	GCC	CTG	GAG	GGG	253
Ko	207	GGA	GGC	CCG	GGC	GCG	GGC	---	---	---	---	---	GGC	CTG	GAG	GGG	238
Menneske	70	GGPGAGSLQPLALEG	84														
Ko	70	GGPGAG-----GLEG	79														

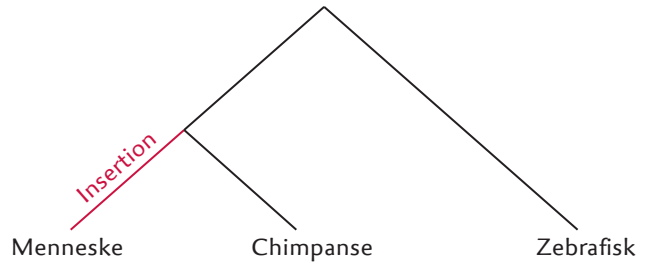
Figur 12. Eksempel på en nucleotid- og en protein-alignment af et udvalgt stykke af insulingenet fra menneske og ko.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a	Menneske	99	ITPQQMQQILQQQVLSPPQLQALLQQQQAVMLQQDFLDSGLENFRAALEKN	155
b	Chimpanse	99	ITPQQMQQILQQQVLSPPQLQALLQQQQAVMLQQ-----	138
c	Zebrafisk	99	ITPQQMQQILQQQVLSPPQLQALLQQQQAVMLQQ-----	138



Figur 13. Multipel alignment af et udvalgt område af FOXP2-genet i menneske og chimpanse.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a

Art 1 MALW**MQ**RNP**V**LAMDKYWKPD

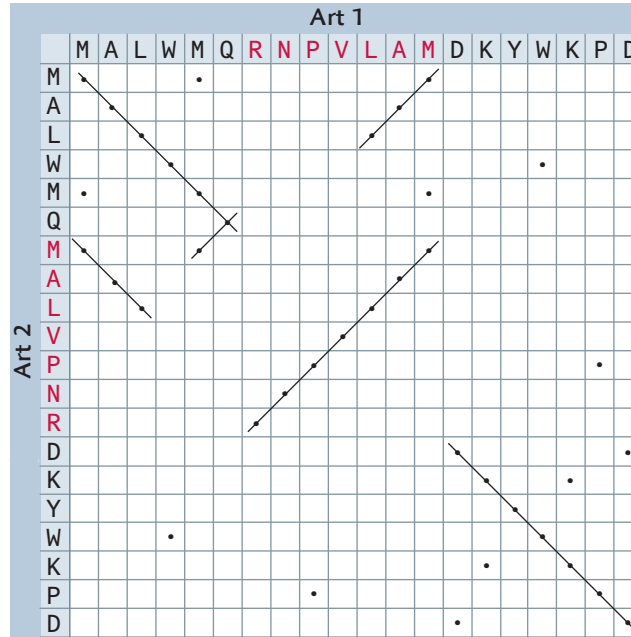


MALW**MQ**RNP**V**LAMDKYWKPD

Art 2 MALW**Q**MAL**V**PNRDKYWKPD

MALW**MQ**RNP**V**LAMDKYWKPD

b



Figur 14. a. Inversioner er svære at se i en parvis alignment.

b. Dotplots gør det let at finde inversioner.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Alignment forslag 1	Alignment forslag 2	Scoringssystem
Art 1 MVLSPADKTNVKAAWGKVGA	Art 1 MVLSP - ADKT - NVKAAWGKVGA -	Identitet: 2 point
Art 2 MVLSAADKGNVKAAWGKVGG	Art 2 MVLS - AADK - GNVKAAWGKVG - G	Mismatch: 0 point
Score 22220222022222222220	Score 22222222222222222222	Indel -2 point
Score i alt = 34	Score i alt = 22	

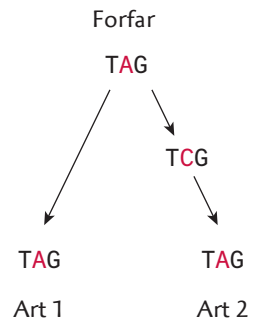
Figur 15. Udregning af alignment-score.

Bioteknologi 6 · Tema 12

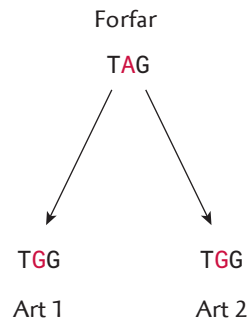
© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a



b



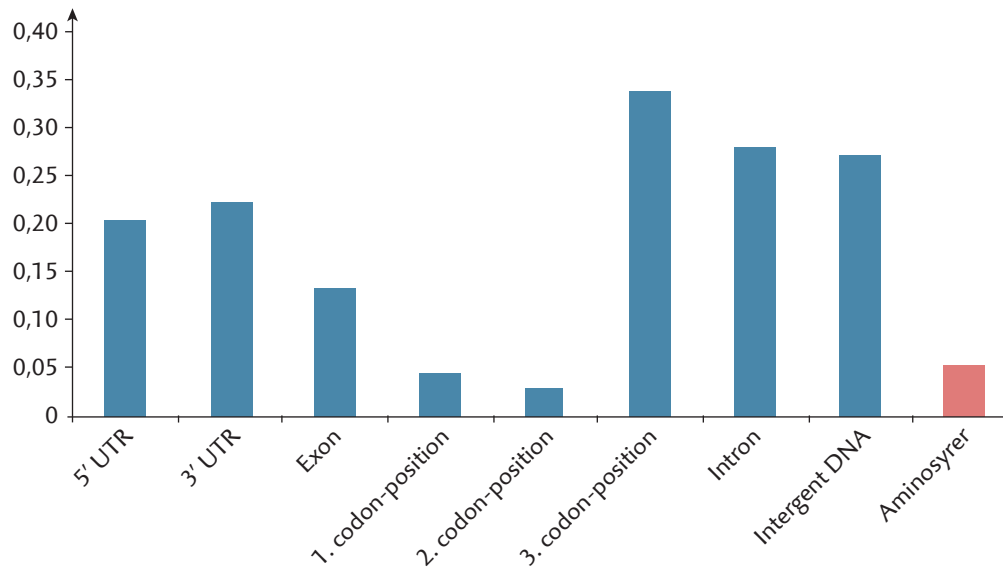
Figur 16. Flere mutationer i samme baseposition.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Substitutionshastighed
Substitutioner / position

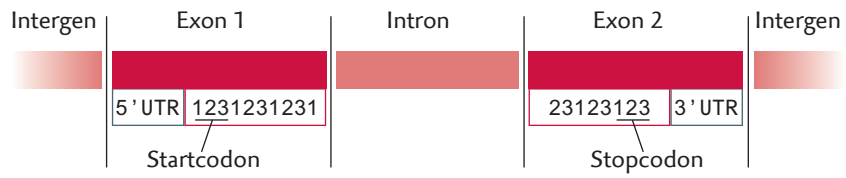


Figur 17. Substitutionshastigheder i forskellige genetiske sekvenser baseret på en sammenligning mellem mennesket og grisen.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 18. Udsnit af et kromosom med et gen.

Bioteknologi 6 · Tema 12

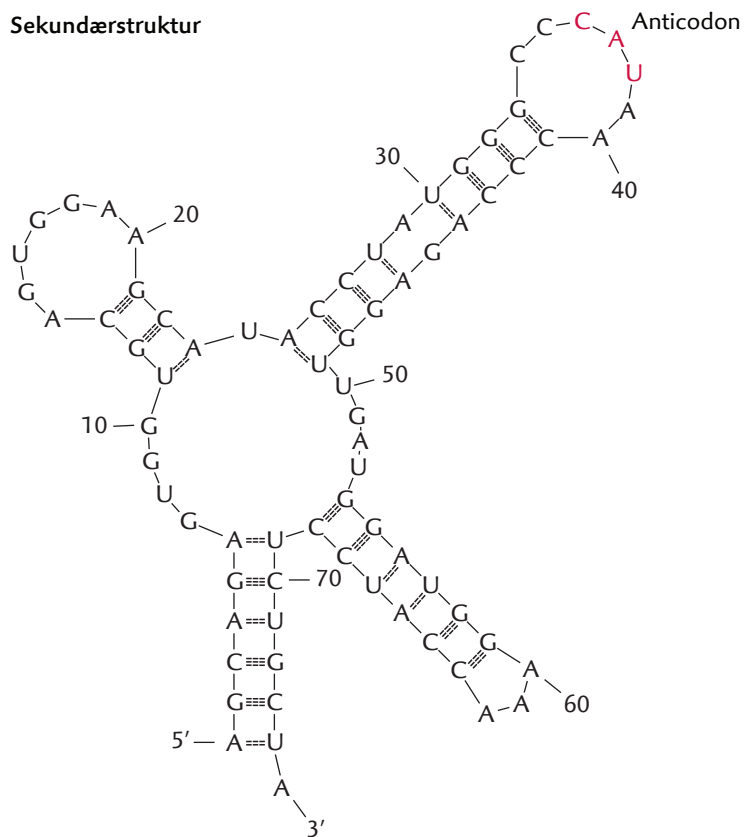
© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Gensekvens

10 20 30 40 50
AGCAGAGTGG TGCAGTGGAA GCATACCTAT GGGCCATAA CCCAGAGGTT
60 70
GATGGATGGA AACCATCCTC TGCTA

Sekundærstruktur

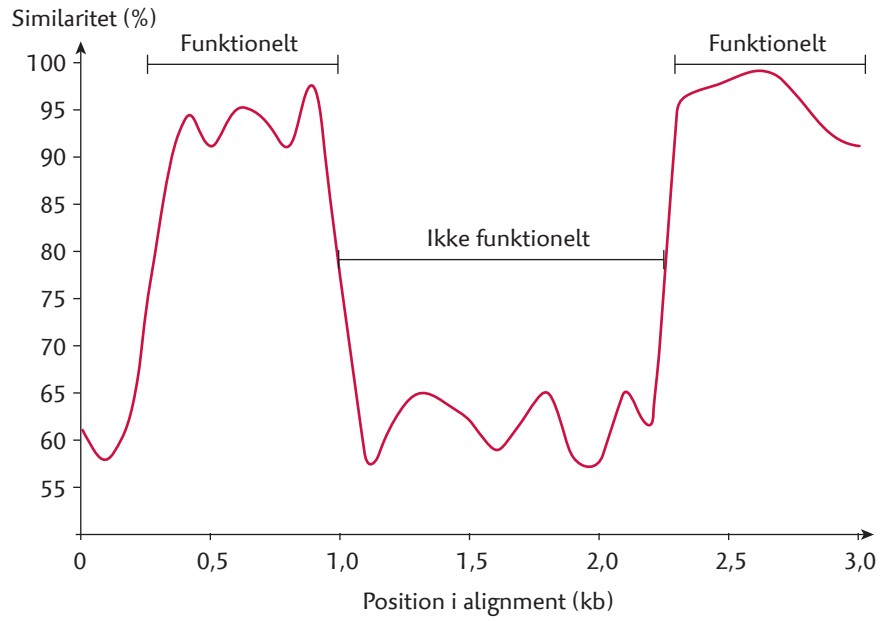


Figur 19. Gensekvens og sekundærstruktur af methionin-tRNA hos mennesket.

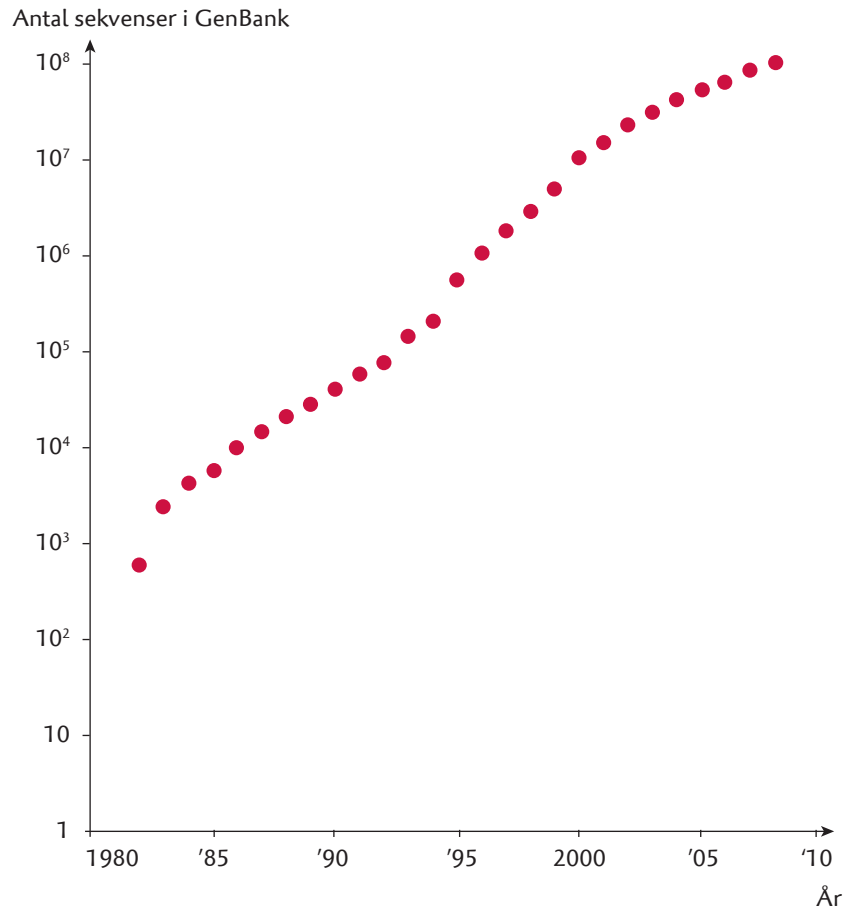
Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 20. Sekvenslighed mellem to homologe sekvenser.
Bioteknologi 6 · Tema 12
© 2012 · by Nucleus Forlag ·
Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 21. DNA-sekvenser i GenBank-databasen.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

The screenshot shows the NCBI GenBank search interface. At the top, the search bar contains 'Nucleotide' and 'Homo sapiens[Organism]'. Below the search bar, there are options for 'Save search', 'Limits', and 'Advanced'. The main content area displays search results for 'Homo sapiens'. The results are sorted by 'Default order' and show 19911095 nucleotide sequences. The first four results are listed:

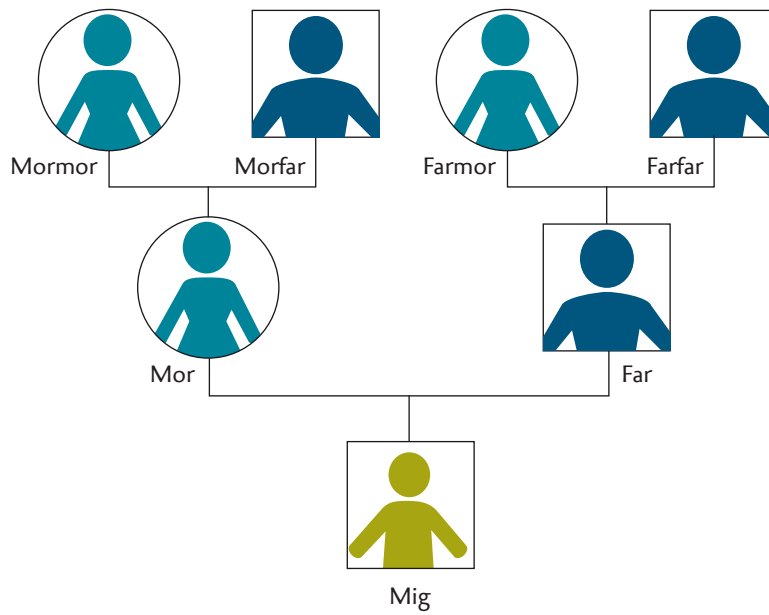
- Homo sapiens isolate ABS355 mitochondrion, complete genome**
1. 16,563 bp circular DNA
Accession: JN253434.1 GI: 345655076
GenBank | EASIS | Graphics
- Homo sapiens isolate ABS323 mitochondrion, complete genome**
2. 16,570 bp circular DNA
Accession: JN253432.1 GI: 345655074
GenBank | EASIS | Graphics
- Homo sapiens isolate 65-4823 mitochondrion, complete genome**
3. 16,569 bp circular DNA
Accession: JN253430.1 GI: 345655072
GenBank | EASIS | Graphics
- Homo sapiens isolate Di9 mitochondrion, complete genome**
4. 16,570 bp circular DNA
Accession: JN253428.1 GI: 345655070
GenBank | EASIS | Graphics

On the right side, there is a 'Filter your results:' section with a dropdown menu set to 'All (9900349)'. Below this, there are links for 'Bacteria (0)', 'mRNA (307446)', and 'RefSeq (62794)'. There is also a 'Manage Filters' link. Below the filter section, there is a 'Top Organisms' section with a dropdown menu set to 'Homo sapiens (9881713)'. Other organisms listed include 'synthetic construct (38392)', 'Mus musculus (147)', 'Homo sapiens neanderthalensis (25)', 'Trypanosoma cruzi (21)', and 'All other taxa (78)'. At the bottom right, there is a 'Find related data' section with a 'Database' dropdown menu set to 'Select' and a 'Find items' button.

Figur 22. Skærmbillede der viser søgning i GenBank.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag · ISBN 978-87-90363-62-8.

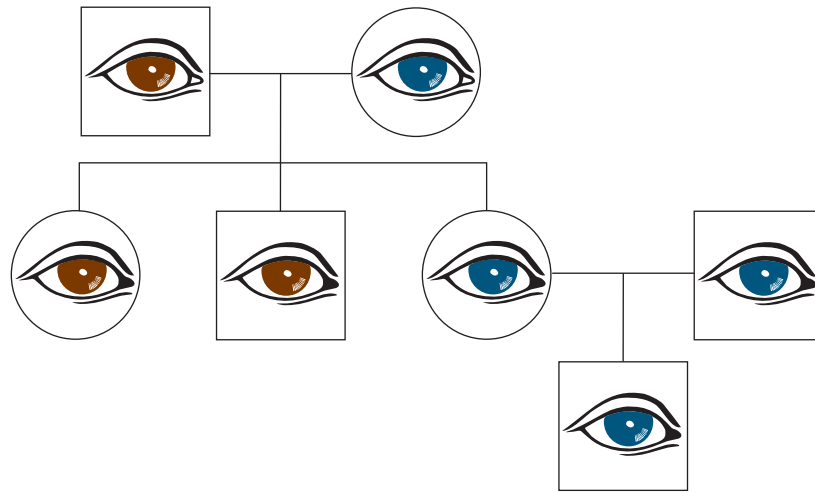


Figur 23. Eksempel på stamtræ.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

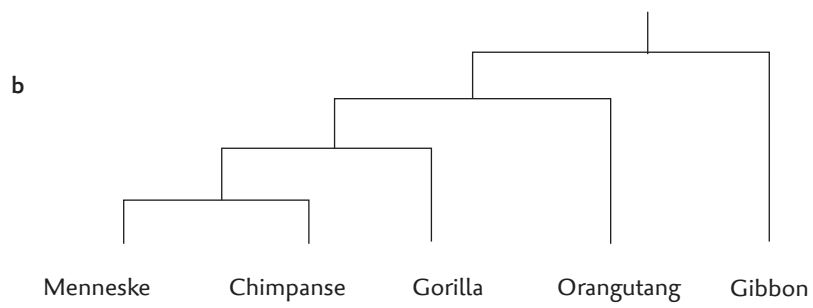
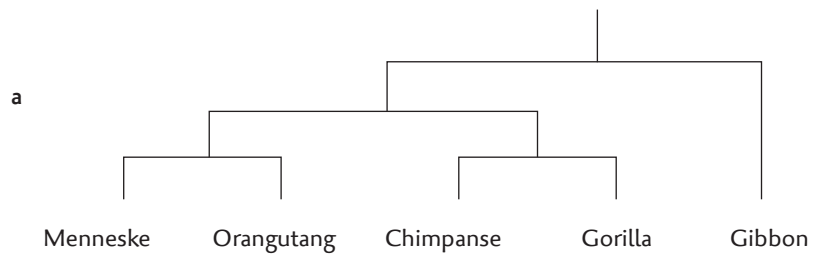


Figur 24. Eksempel på stamtræ.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 25. To bud på menneskeabernes slægtskab.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a

Menneske CTGCCTGGCG CCCGGGCCTA CAGTCAGTCC

Chimpanse CTGCCTGGCG CCCGGGCCTG CAGTCAGTCC

P-afstand $(1/30) = 0,033$ forskelle / nucleotid

b

Menneske CTGCC**T**GGCG CCCGGGCCTA CAG**T**CAGTCC

Ko CTGCC**A**GGCG CCCGGGCCTG TAG**CC**CAG**CC**G

P-afstand $(6/30) = 0,20$ forskelle / nucleotid

Figur 26. Optælling af antal forskelle og udregning af p-afstand i to alignments.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

Pingvin MALWMRRLPL LKKLALWAPD PAAAFVNWHL GSHLVEALYL
Panda MLLWMRLLPL LALLALWGPD PALKFVNQHL EDHDVDDLYD
Menneske MLLWMRLLPL LALLALWGPD PALKFVNQHL DDHDVKDLYD
Næbdyr MLLNKLLLPL LALLALWGPD PALKFVNWHL GDHLVDWEYL
Kænguru MLLWMRDLPL LNLLALWGPD PALKFVNKHL DDHDVDDLYD

Antal forskelle mellem panda og menneske: 2

P-afstand: $2/40 = 0,05$ forskelle / aminosyre

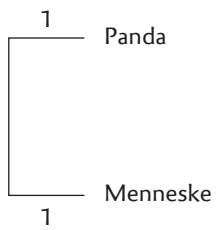
	Pingvin	Panda	Menneske	Næbdyr	Kænguru
Pingvin	0	14	14	14	14
Panda	0,35	0	2	9	4
Menneske	0,35	0,05	0	10	4
Næbdyr	0,35	0,23	0,25	0	11
Kænguru	0,35	0,10	0,10	0,28	0

Figur 27. Multipel alignment og tilhørende afstandsmatrice.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



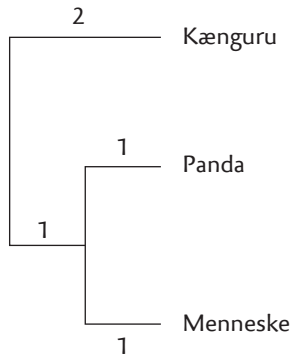
	Pingvin	Panda/menneske	Næbdyr	Kænguru
Pingvin	0	14	14	14
Panda/menneske		0	9,5	4
Næbdyr			0	11
Kænguru				0

Figur 28. Afstandsmatrice hvor menneske og panda er grupperet som vist i stamtræet.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



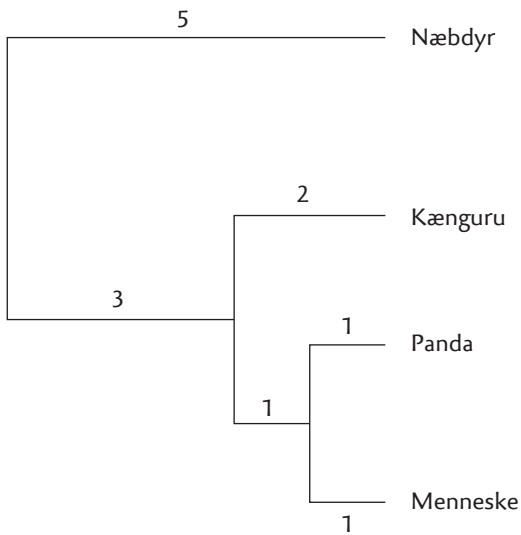
	Pingvin	Panda/menneske/ kænguru	Næbdyr
Pingvin	0	14	14
Panda/ menneske/ kænguru		0	10
Næbdyr			0

Figur 29. Afstandsmatrice hvor menneske, panda og kænguru er grupperet som vist i stamtræet.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



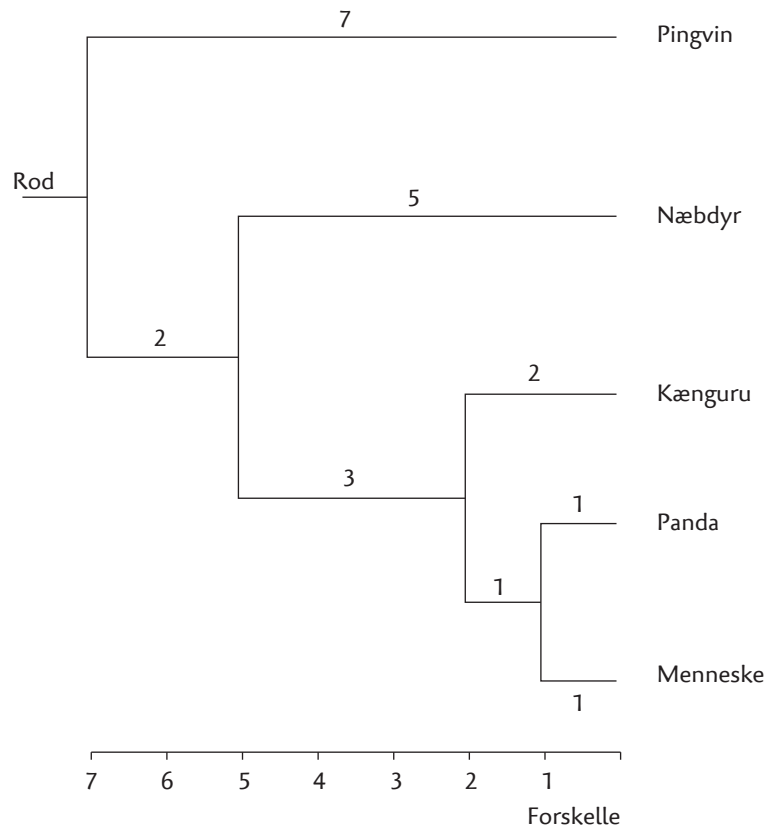
	Pingvin	Panda/menneske/ kænguru /næbdyr
Pingvin	0	14
Panda/ menneske/ kænguru/ næbdyr		0

Figur 30. Afstandsmatrice hvor menneske, panda, kænguru og næbdyr er grupperet som vist i stamtræet.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

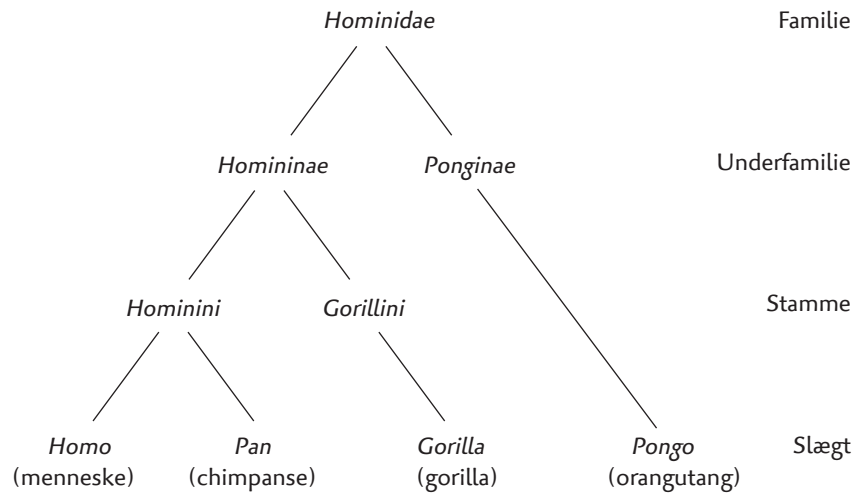


Figur 31. Samlet stamtræ baseret på UPGMA-metoden.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

a Menneskets overordnede klassifikation

- Rige (*Animalia* – dyr)
 - Række (*Chordata* – rygstrengsdyr)
 - Klasse (*Mammalia* – pattedyr)
 - Orden (*Primates* – primater)
 - Familie (*Hominidae* – menneskeaber)
 - Slægt (*Homo* – mennesker)
 - Art (*Homo sapiens* – moderne menneske)

b Nulevende menneskeabers klassifikation

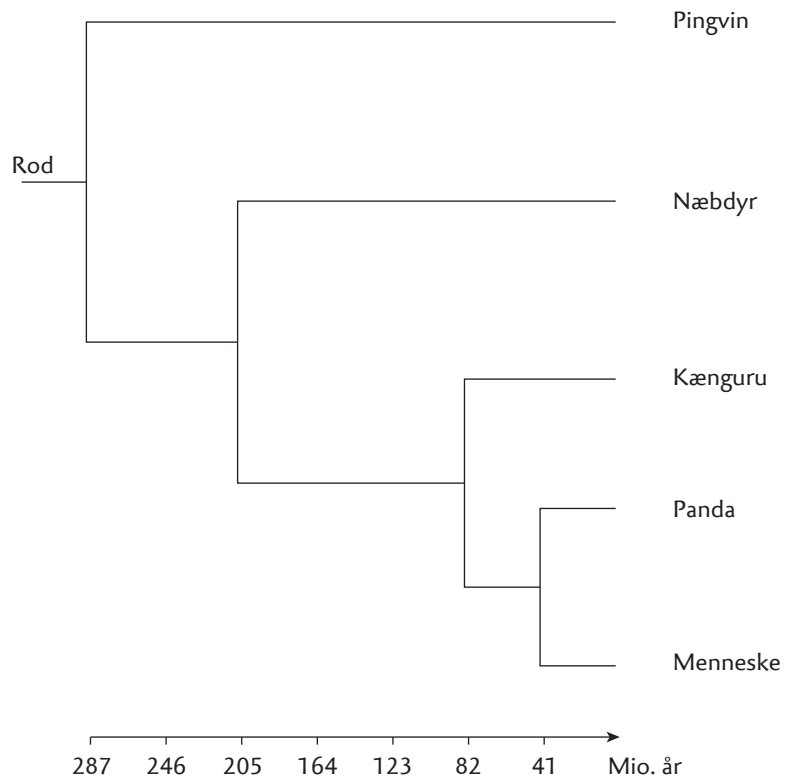


Figur 32. Klassifikationssystem med fokus på det moderne menneske.

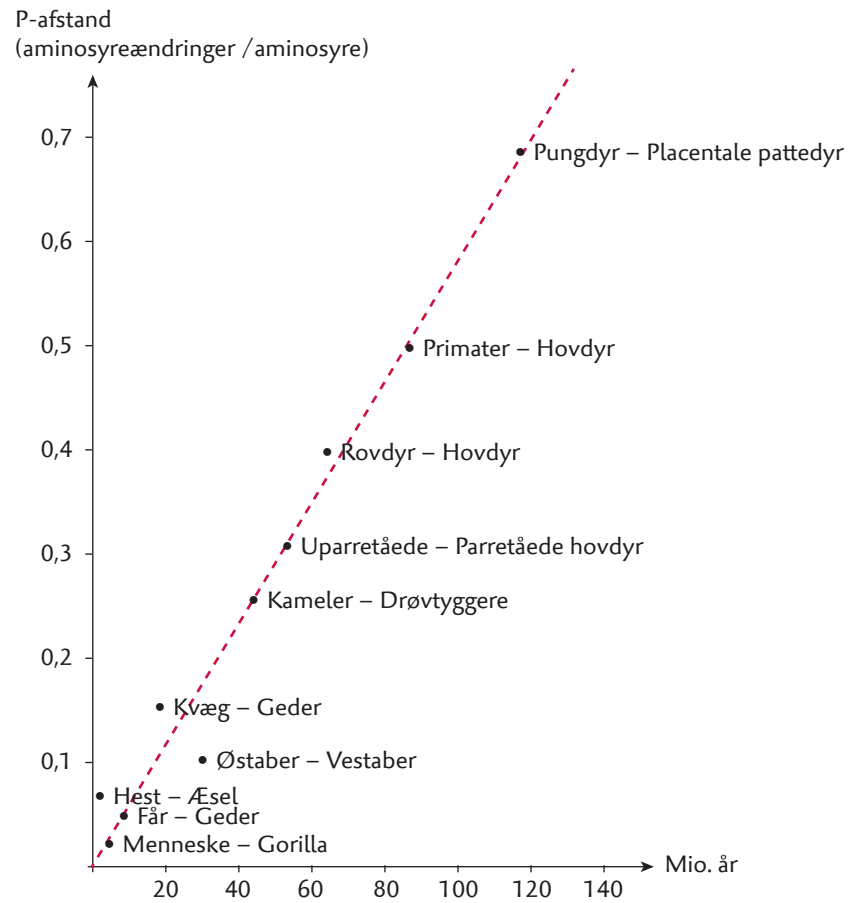
Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

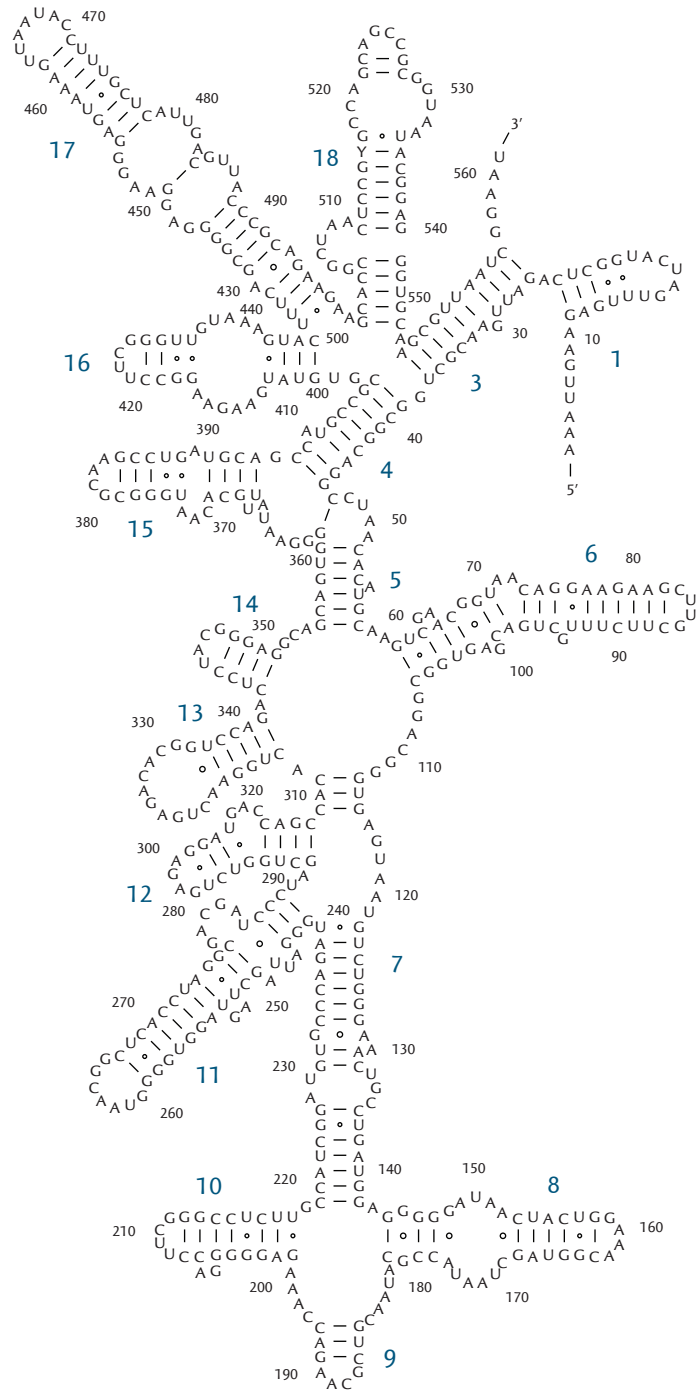
Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 33. Datering af evolutionære hændelser ved hjælp af det molekylære ur.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 34. Sammenligning mellem genetiske data og fossile dateringer.
 Bioteknologi 6 · Tema 12
 © 2012 · by Nucleus Forlag ·
 Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

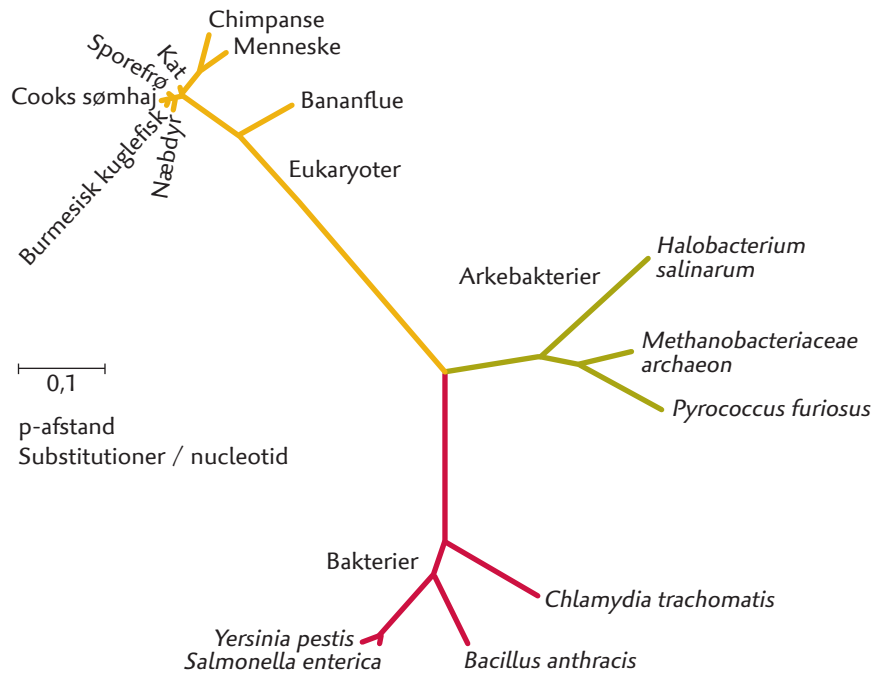


Figur 35. Udsnit af sekundærstrukturen af 16S rRNA fra *E. coli*.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 36. Fylogenetisk træ af udvalgte organismer baseret på 16S rRNA-sekvenser.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

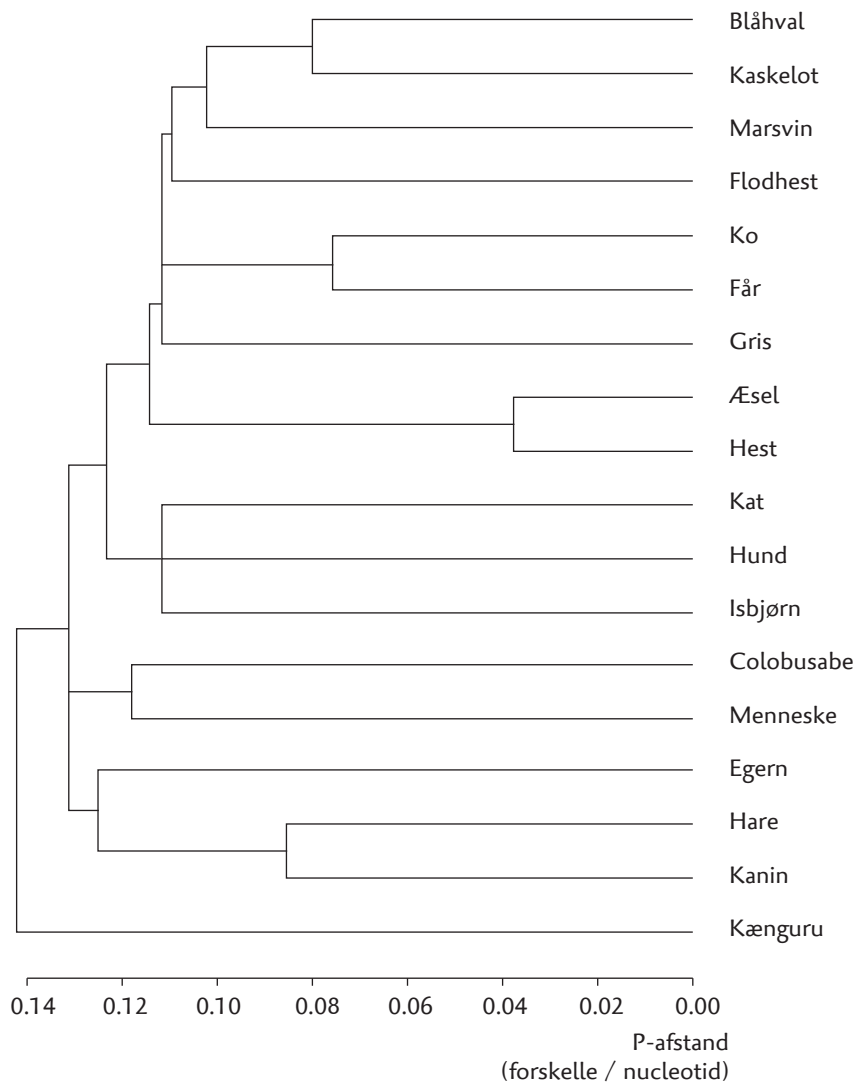
Høj dækningsgrad (mere end 10 x)	Mellem dækningsgrad (5-10 x)	Lav dækningsgrad (2-5 x)
Menneske	Orangutang	Alpaka
Chimpanse	Marsvin	Kat
Gorilla	Elefant	Delfin
Ko	Næbdyr	Jordegern
Hund	Gibbon	
Mus	Hest	
Rotte	Gris	
	Kanin	

Figur 37. Genomsekventering af udvalgte pattedyr.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

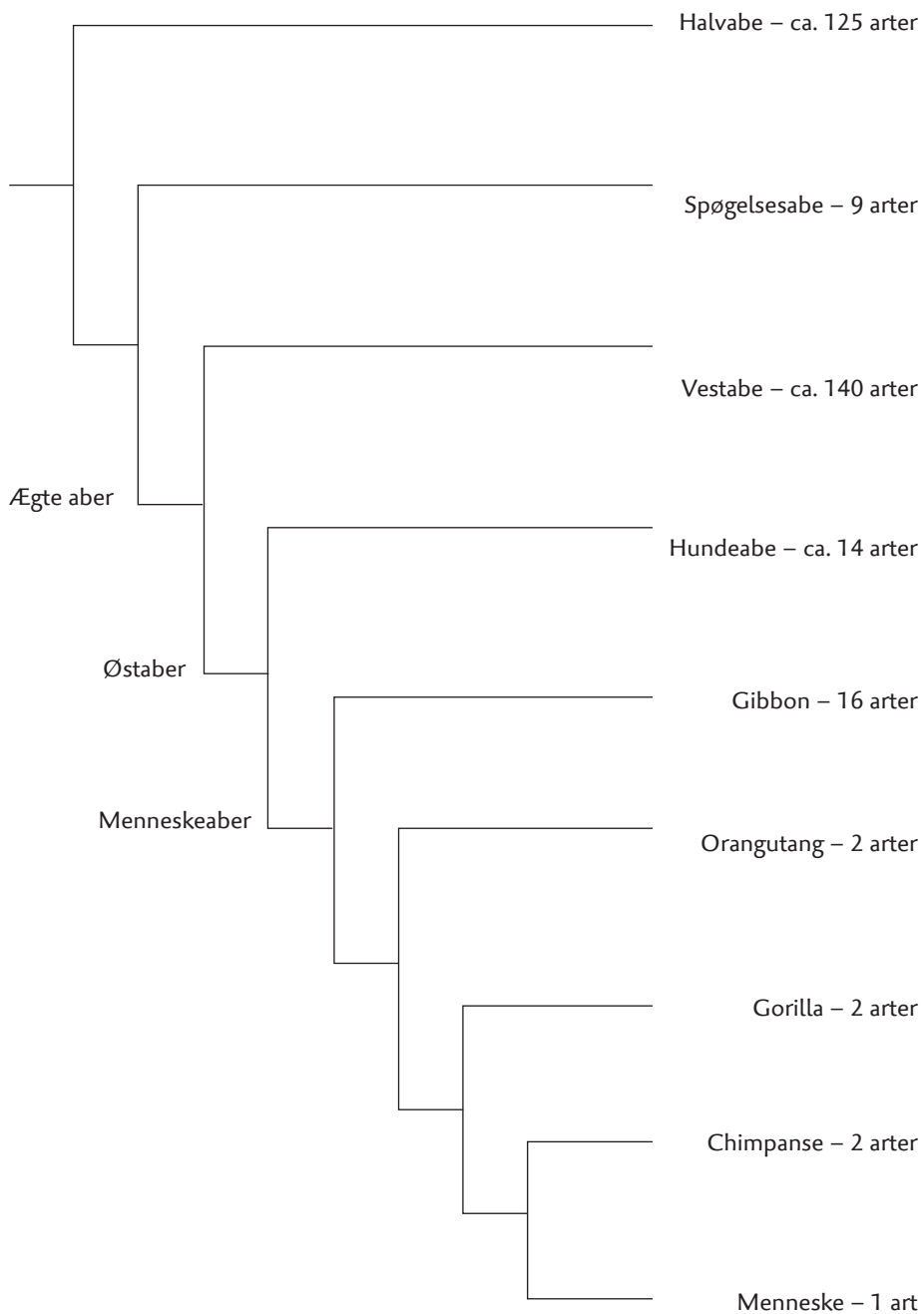


Figur 38. Fylogenetisk træ der viser slægtskabsforhold for en lang række pattedyr.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.



Figur 40. Fylogenetisk træ der viser primaternes slægtskabsforhold.

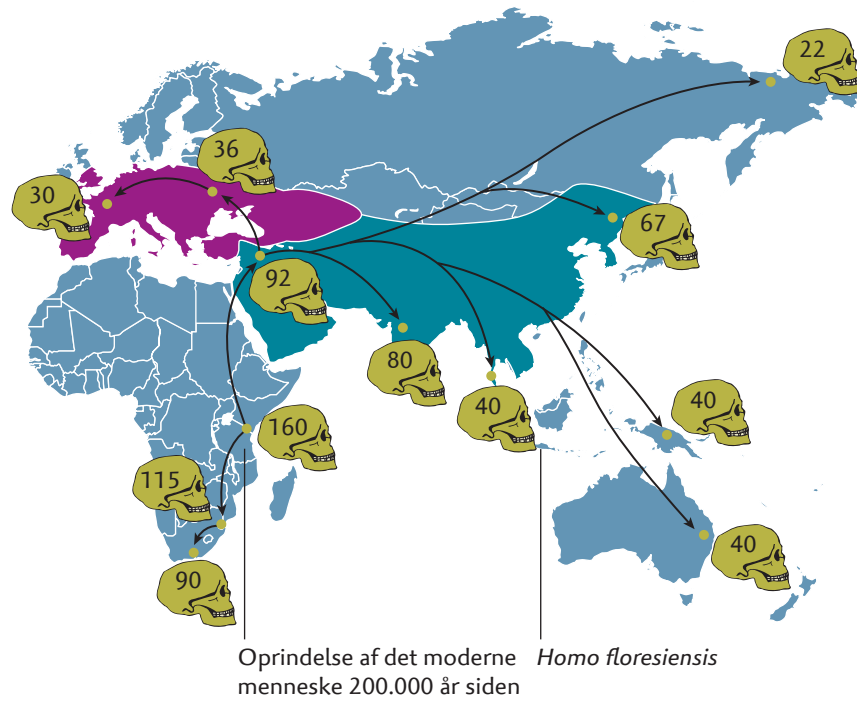
Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.

■ Udbredelse af
Homo neanderthalensis
130.000-30.000 år siden

■ Udbredelse af
Homo erectus
1.900.000-143.000 år siden



Figur 43. Det moderne menneskes opståen og migrationsmønstre.

Bioteknologi 6 · Tema 12

© 2012 · by Nucleus Forlag ·

Illustration: Elin Steffensen, Gigraf · ISBN 978-87-90363-62-8.