



# LUND UNIVERSITY

## Systemanalys inom ekologin - Rapport över en kurs för ekologer i Uppsala

Holst, Jan; Ljung, Lennart

1972

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Holst, J., & Ljung, L. (1972). *Systemanalys inom ekologin - Rapport över en kurs för ekologer i Uppsala*. (Travel Reports TFRT-8005). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*  
2

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

SYSTEMANALYS INOM EKOLOGIN  
Rapport över en kurs för ekologer i Uppsala

J. HOLST  
L. LJUNG

Report 7207 (C) december 1972  
Lund Institute of Technology  
Division of Automatic Control

SYSTEMANALYS INOM EKOLOGIN  
Rapport över en kurs för ekologer i Uppsala

J. Holst

L. Ljung

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid.

1.	Inledning	1
2.	Allmänna intryck	3
3.	Föreläsningsreferat	4
4.	Referenser	7
5.	Figurbilaga	8

## 1. INLEDNING.

Den 21-26 september 1970 anordnade Kollegiet för Terrester Ekologi en kurs i systemanalys. Kursen, som hölls vid Zoologiska Institutionen vid Uppsala Universitet, avsåg att presentera några metoder att med hjälp av systemanalys skapa modeller för olika ekosystem.

Syftet med vår närvaro var att få insikt i de problem, som möter vid detta modellbygge, och de möjligheter som finns att tillämpa den matematiska formalism, som användes inom reglertekniken för att lösa dessa problem.

Programmet omfattade föreläsningar och seminarier enligt följande:

1. Compartment Modelling in an Integrated Ecosystem Project.  
A.J.P. Gore, Merlewood, Storbritannien.
2. Simuleringsmodeller för djurpopulationer.  
G. Gyllenberg, Helsingfors.
3. Presentation av en experimentstation på Devon Island.  
L. Bliss, Edmunton, Kanada.
4. Ecology and System Analysis.  
The Foundation of Modelling Theory.  
Towards an Abstract Ecology.  
H.J. Holstein, Uppsala.
5. Computer-assisted Analysis of Biological Data.  
G. Pettersson, Uppsala.

Ett antal litteraturreferenser gavs under kursens gång. Dessa har samlats i avsnitt 4.

I avsnitt 2 söker vi sammanfatta våra intryck av systemanalys inom ekologin kontra regleringsteknik. Här

omnämns också en modell för ett tundraekosystem, vilken ligger som principiell grund för de under kursen presenterade existerande modellerna.

Avsnitt 3 ger ett referat av de föreläsningar, som åhördes. I denna del av rapporten kommer en del exempel på aktuella arbeten att ges.

## 2. ALLMÄNNA INTRYCK.

The International Biological Program (IBP) är ett samordnande program inom vars ram biologisk forskning bedrivs inom ett flertal länder. Ett av målen för IBP är att skapa modeller över stora men begränsade biologiska system såsom tundra, "grassland", öken etc. Som mall för dessa stora modeller har man flödesdiagram med, som fig. 2:1 visar, en mycket generell uppbyggnad.

Av praktiska skäl försöker man f.n. främst anpassa modeller för betydligt mindre delar av ekosystemen till mätdata, varvid kopplingen till andra block i fig. 2:1 negligeras. Den allmänna metoden härvid är att man ur generella biologiska överväganden ansätter en blockstruktur (se fig. 3:1 - 3:3). Övergångarna mellan de olika blocken antages beskrivas av 1:a ordningens differentialekvationer. "Sönderfallskonstanterna" anpassas därefter till mätdata, varefter någon form av simulering göres. Konstanterna måste emellertid ofta ansättas som tidsberoende, framför allt på grund av årstidsväxlingar.

Även om metoden har mycket gemensamt med "state space"-ansatser i reglerteknik saknas ett klart "insignal-utsignal"-tänkande och en önskan att utföra någon reglering med hjälp av en insignal. En alternativ ansats vore att beskriva dynamiken i blockschemat med Markov- och besläktade stokastiska processer.

Den grundläggande svårigheten vid identifieringsförsöken är bristen på mätdata. Ofta är antalet mätvärden av samma storleksordning som antalet okända parametrar, vilka dessutom är åsatta ett ganska godtyckligt tidsberoende (se fig. 2:2). Denna brist kommer antagligen att försvåra skapandet av goda kvantitativa modeller även inom de närmaste åren. Under denna tid kan därför regleringsteknikern främst bidra med matematiskt-tekniska råd och simuleringshjälp.

### 3. FÖRELÄSNINGSREFERAT.

De modeller för delar av ett ekosystem (enstaka arter), som presenterades under veckan, hade alla byggts upp på basis av differentialekvationssamband mellan olika "compartments", vart och ett beskrivet som ett tillstånd i gängse mening. Tre sådana modeller gavs, två för ett ljungbestånd (A. Gore) och en beskrivande dynamiken hos en gräshoppspopulation (G. Gyllenberg).

De båda modellerna för ljungbeståndet behandlade detta från två principiellt olika utgångspunkter. Den första (fig. 3:1) syftade till att ge en bild av energiflödet genom populationen. För solenergens fluktuationer med årstiden ansätter man en cosinusfunktion. Modellen innehåller inte några återkopplingar. Den andra modellen, som var den mest utarbetade av de båda, ges i fig. 3:2. Man syftade här till att beskriva den observerade åldersfördelningen i ett ljungbestånd när man har nått jämviktstillstånd. Tillståndsvariablerna är antalet individer i åldersklassen (A yngst - D äldst). Man har infört två olika varianter av den yngsta åldersklassen för att också kunna behandla förhållandena efter avbränning av området (man måste i dessa fall ta hänsyn till andra arters påverkan).

Gemensamt för dessa modeller är a) de är deterministiska, b) de är linjära, c) de syftar till att beskriva ett jämviktstillstånd.

Modellerna har simulerats såväl på analogi- som på datamaskin.

G. Gyllenberg visade i sitt föredrag en modell för dynamiken hos en gräshoppspopulation utgående från energiflödesbestämningar (jämför Gores första modell). I den allmänna ekosystemmodellen (fig. 2:1) kommer detta arbete in under gruppen herbivorer (örtätare).



Denna modell har många likheter med Gores båda modeller såväl vad det gäller den principiella ansatsen som i fråga om detaljer, t.ex. beskrivningen av solenergiflödet. Emellertid tillåter Gyllenberg att förbindelserna mellan olika "compartments" -  $k$ -värdena - beror av tiden. De relateras också till en miljöfaktor av typen regn, temperatur, något som visar sig kunna beskrivas med ett linjärt samband.

Utgående från mätningar gjorda 1969 har så  $k$ -värdena bestämts och ett antal simuleringar av förhållandena under tre tidigare år, för vilka mätvärden finns tillgängliga, har gjorts. Vid dessa simuleringar har lutning och  $y$ -intercept hos regressionssambandet mellan  $k$ -faktorn och den begränsande miljöfaktorn varierats. Simuleringarna gav god överensstämmelse med uppmätta värden för två av de tre åren.

För att förbättra modellen ville Gyllenberg främst införa ytterligare återkopplingar, t.ex. mellan vuxna djur och tillgänglig föda. En annan utvidgning, som var aktuell, var att ta hänsyn också till emigration och immigration av gräshoppor till det studerade ekosystemet.  $k$ -värdena skulle då förmodligen också komma att bero av det aktuella beståndet, d.v.s. man skulle hamna i en olinjär beskrivning av populationsdynamiken.

Vi åhörde också en kort föreläsning av prof. L. Bliss vid universitetet i Edmonton, Kanada, vari han drog upp riktlinjerna för ett alldeles nyligen startat projekt på Devon Island i Arktis. Detta projekt ingår i Internationella Biologiska Programmet och vill studera ett utpräglat tundraekosystem. Det var hans avsikt att så småningom bygga modeller liknande de, som relaterats ovan, för hela ekosystemet eller delar därav.

I några föredrag sökte man ge en teoretisk bas för systemanalysen med anknytning till ekologin (H.J. Holstein).

Han kunde med utgångspunkt från mängdlära i stort beskriva systemets uppförande t.ex. med en automatatabell i fallet med ändligt antal tillstånd.

Den arbetsmetod, han ville förorda, byggde på en kombination av datorsimulering för att nå en beskrivning av systemets struktur och en ökande upplösning i modellansatsen. Detta sätt att angripa problemet skiljer sig alltså väsentligt från det sätt som Gore och Gyllenberg använde sig av. Som ett slutmål för arbetet såg han en modell av sådan komplexitet, att man skulle kunna använda den som en bas för att studera det naturliga ekosystemets reaktioner på främmande element av typen nya arter, nya kemikalier o.d. Denna typ av modellbygge kräver emellertid tillgång till och förtrogenhet med en datamaskin i en omfattning, som f.n. inte tycks vara för handen, utan användandet av datamaskin är begränsat till statistiska undersökningar. Det sista avsnittet (G. Pettersson) behandlade ett programpaket härför, INTEREST II, framtaget vid Uppsala Datacentral med vars hjälp man kunde statistiskt bearbeta ett material. Programpaketet saknade inläsnings- och plotrutiner, varför visst programmeringsarbete behövde göras av användaren.

## 4. REFERENSER.

I samband med att Gore och Gyllenberg redogjorde för sina modeller gav de ett antal referenser. Dessa blev i några fall ofullständiga, då de inte hade tillgång till böckerna.

Gore:

"Multicompartment Modelling", Methuen Monographs  
(allmänt om den använda metoden (ej förf.)).

"Biological System Analysis", McGraw Hill (ej förf.).

Handscob & Hammersley: "Monte Carlo Methods",  
Methuen Monographs.

Utförligare om ljungmodellen:

Gore & Olsen: "Preliminary Models for the Accumulation of Organic Matter in an Eriophorum/Colluna Ecosystem", Aquilo, Ser. Botanica, Tom 6, 297-313.

Gyllenberg:

Martin, D.F. (1968): "Computer Modelling and Simulation".

Pielou (1969): "An Introduction to Mathematical Ecology".

Southwood (1966): "Ecological Methods".

Övriga:

K. Watt: "System Analysis in Ecology".

K. Watt: "Ecology and Resource Management".

5. FIGURBILAGA

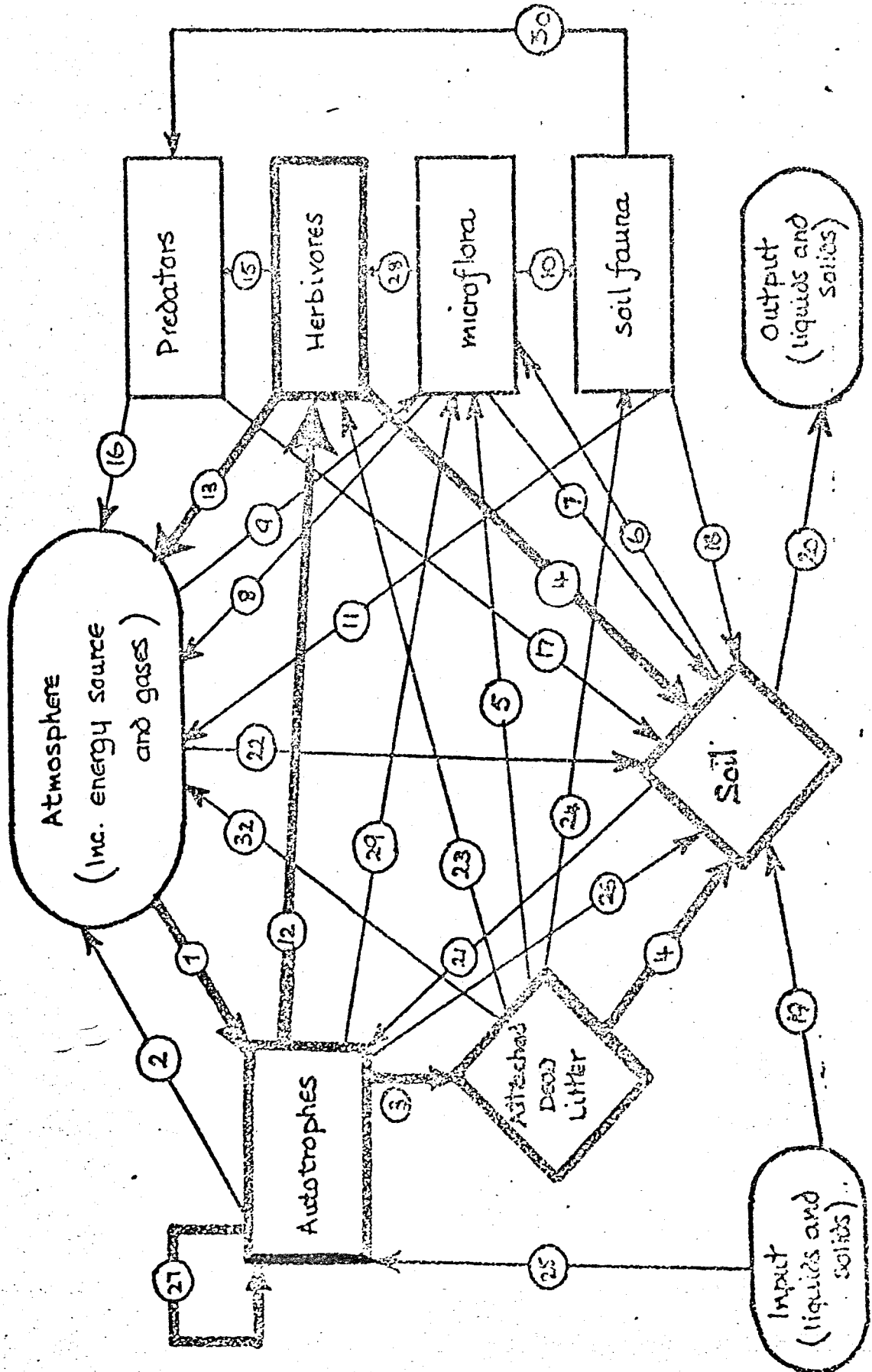
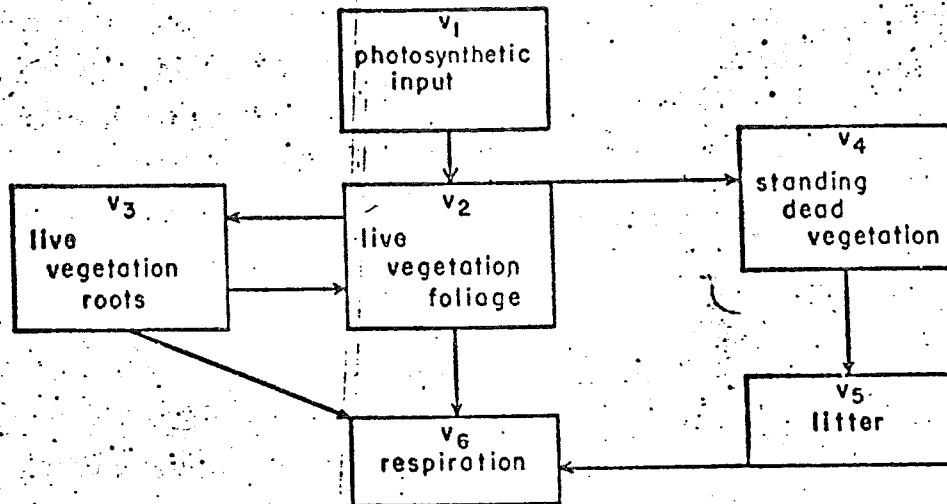


Fig. 2:1 Flödesdiagram för energi och näringsämnen i ekosystemet Tundra.

## a. COMPARTMENT MODEL



## b. MATHEMATICAL MODEL

$$v_1(t) = \frac{3.0 + \cos \left\{ 3.1 + 2.0 \left[ \frac{\pi(t-1.0)}{365} \right] \right\} 8.6}{1.4}$$

$$\frac{\Delta v_2}{\Delta t} = 1.0 v_1 + 0.004 v_3 - \left\{ 0.00027 e^{0.012t} + \left[ 0.002 + 0.002 \sin(2t - 0.7) \right] 1.4 \right\} v_2 + 0.0014 v_3$$

$$\frac{\Delta v_3}{\Delta t} = \begin{cases} t \leq 280 = 0.004 v_2 - \left\{ \left[ 0.0005 + 0.01 \sin(t+2) \right] 1.1 + 0.004 \right\} v_3 \\ t > 280 = 0.004 v_2 - \left\{ \left[ 0.0005 + 0.01 \sin(t+2) \right] 1.1 \left( \frac{365-t}{110.0} \right) + 0.004 \right\} v_3 \end{cases}$$

$$\frac{\Delta v_4}{\Delta t} = 0.002 v_2 - 0.001 v_4$$

$$\frac{\Delta v_5}{\Delta t} = 0.00185 \left[ 1.0 + \sin(2t - 1.56) \right] v_4 - 0.002 v_5$$

$$\frac{\Delta v_6}{\Delta t} = \frac{0.00185 \left[ 1.0 + \sin(2t - 1.56) \right] v_4 - 180.0 + v_5}{v_5} + 0.0014 v_2 + 0.0007 v_3$$

## c. MODEL OUTPUT

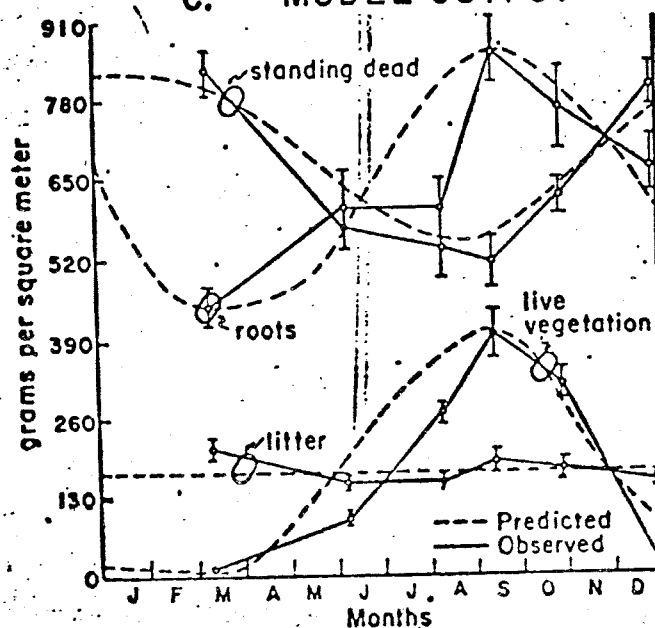


Fig.2:2 Ett exempel på blockschema (a), matematisk modell (b), och ut-signal från modellen (c) för tillväxtdynamiken i 'grassland' som domineras av *Adropogon virginicus*. Observerade medelvärden och standardavvikelser har markerats. (från Kelly et.al. 1969)

10.

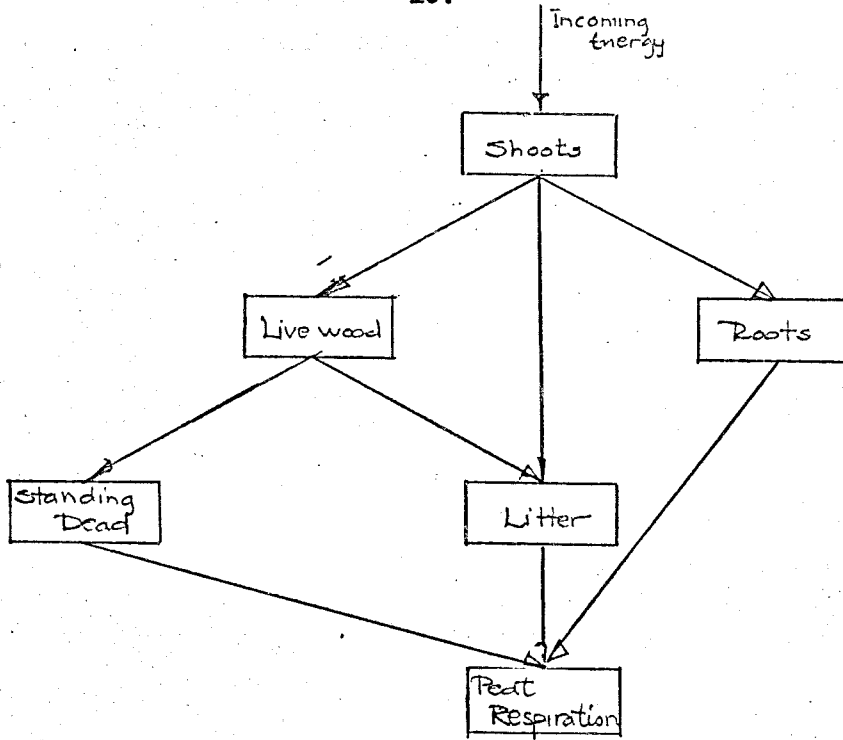


Fig 3:1 Modell avsedd att beskriva energiflödet i ett ljungbestånd

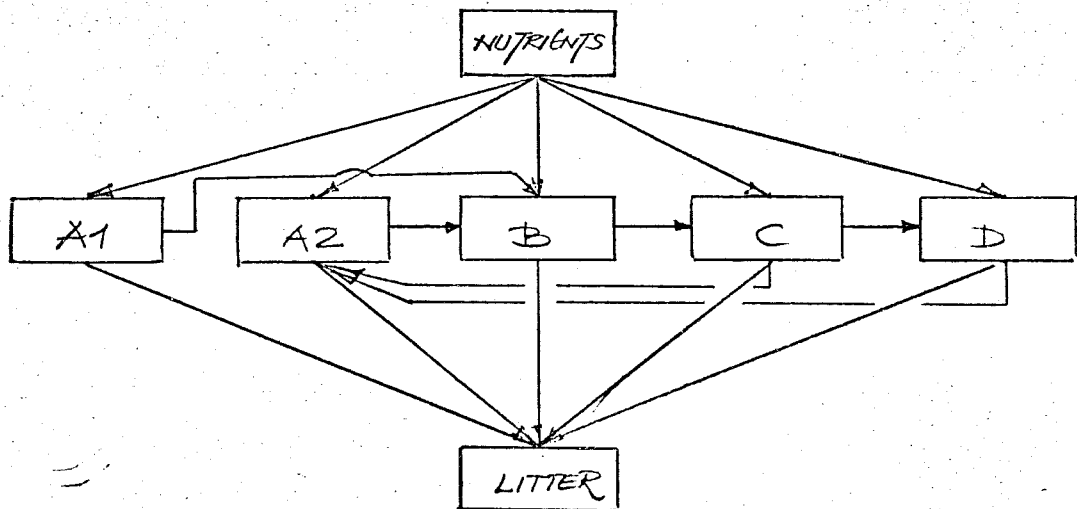


Fig 3:2 Modell avsedd att beskriva åldersfördelningen hos ett ljungbestånd. Fyra åldersklasser har införts A-D (A yngst, D äldst). De två olika varianterna av åldersklass A avser att beskriva förhållandena efter bränning av området.

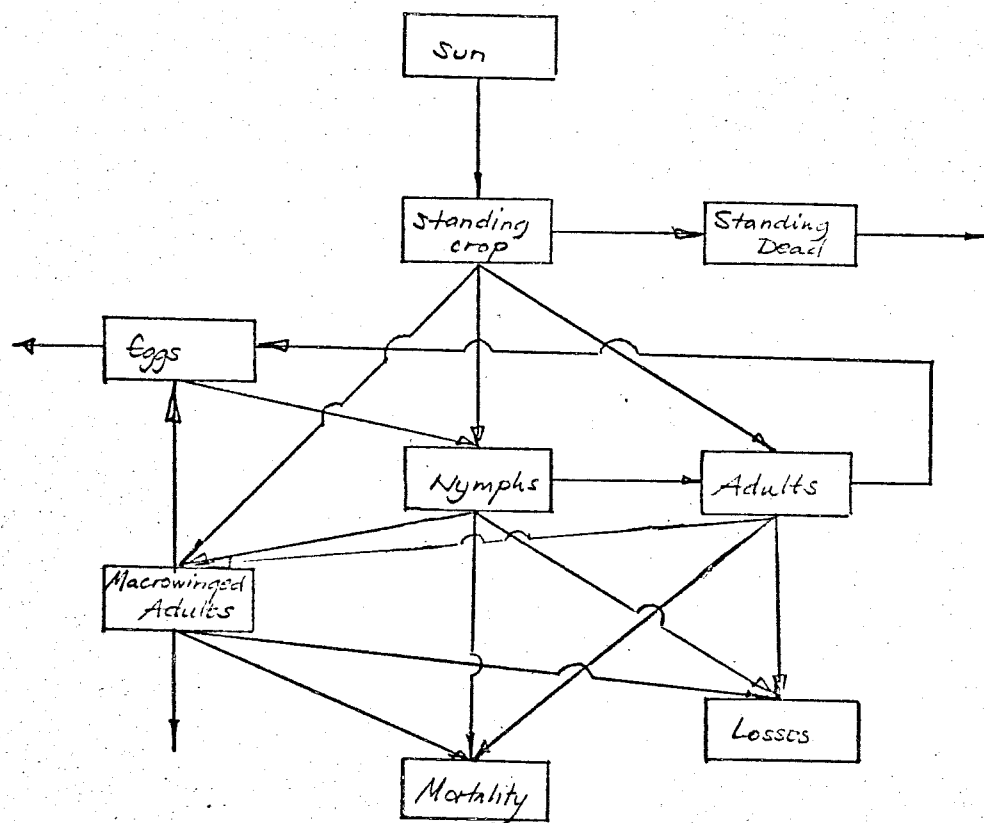


Fig 3:3 Modell för dynamiken hos en gräshoppspopulation. Förbindelsen mellan "Adults" och "Macrowinged Adults" är olinjär av typen  $x \cdot y$ .