



# PLAST

MORGONDAGENS KULTUROBJEKT

Projekt för bevarande av plastföremål

TERMINOLOGI • ANALYS • SKADOR • NEDBRYTNING • FÖRVARING

PLAST · MORGONDAGENS KULTUROBJEKT



# PLAST

## MORGONDAGENS KULTUROBJEKT

Projekt för bevarande av plastföremål

TERMINOLOGI · ANALYS · SKADOR · NEDBRYTNING · FÖRVARING

**ANDERS G. NORD och KATE TRONNER**

### Medarbetare

Karin Björling Olausson, Nordiska museet

Maria Franzon, Nationalmuseum

Mats Johansson, Kungl. Tekniska Högskolan

Kerstin Jonsson, Nordiska museet

Katarina Lampel, Riksantikvarieämbetet

Einar Mattsson, E. Mattson Korrosionskonsult

Christina Tengnér, Armémuseum

**RIKSANTIKVARIEÄMBETET**

Box 5405, 114 84 Stockholm

Fax 08-5191 8083

[www.raa.se/bokhandel](http://www.raa.se/bokhandel)

[bocker@raa.se](mailto:bocker@raa.se)

**BILDKÄLLOR**

**OMSLAGETS FRAMSIDA** Stockfood

**OMSLAGETS BAKSIDA** John Zimmerman, Museum of Finnish Architecture

s. 2 John MacDougall/Scanpix

s. 6 Jan Tadeusz/Lucky Look/Alamy

s. 8 Å©Sora/Corbis/Scanpix

s. 24 Andrew Bargery/Lucky Look/Alamy

s. 47 Veronika Sittard/Ina Agency

s. 83 »Den rosa födelsen« av Niki de Saint-Phalle. Bilden är något beskuren i underkant.  
Moderna Museet (MOMSK 1859). Foto: Moderna Museet.

s. 99 Bios/Ina Agency

s. 116 Chris Schäfer/LuckyLook/PantherMedia

s. 130 Tomas Wennbom

s. 160 Jean Pierre Muller/Scanpix

**REDAKTÖR** Cecilia Borssén

**KORREKTUR** Kerstin Ek

**GRAFISK FORM OCH LAYOUT** Jenny Franke Wikberg och Tina Hedh-Gallant

© Riksantikvarieämbetet 2008

ISBN 978-91-7209-644-8 (PDF), 2012

# INNEHÅLL

Förord	7
1. Sammanfattning	9
2. Abstract	12
3. Bakgrund, syfte och upplägg	14
4. Terminologi	18
5. Historisk översikt	20
6. Plasternas sammansättning	25
7. Tillverkning	34
8. Plastprodukter	42
9. Enkät till svenska museer	47
10. Identifiering och analys	49
11. Skadeinventeringar och skador	63
12. Plasters nedbrytning och hållbarhet	73
13. Studiebesök	83
14. Förebyggande konservering: rekommendationer för förvaring	99
15. Aktiv konservering – några synpunkter	105
16. Konstverk och samlarobjekt	108
17. Projektet i media	113
18. Utvärdering och slutsatser	117
19. Tillkännagivanden	119
20. Referenser och litteratur	121
Appendix 1. Dokumentation och analysresultat	131
Appendix 2. Externt framtagna specifikationer för några vanliga plaster	161



## FÖRORD

I museernas samlingar finns en mängd föremål av plast. Det är en eftersatt materialgrupp eftersom kunskapen om bevarandet av detta moderna material hittills varit ganska bristfällig. När plast introducerades som material för masstillverkade moderna bruksföremål fanns samtidigt föreställningen om »slit och släng«. Föremål av plast var många gånger billiga med kort livslängd. När de införlivas i museernas samlingar förbyts detta perspektiv och mer kunskap behövs därför om det långsiktiga bevarandet av föremål av plast.

FoU-projektet »Morgondagens kulturobjekt« bidrar med den här rapporten till fördjupad och utvecklad kunskap om olika plastsorters nedbrytningsprocesser och ger riktlinjer för hur känsliga plastföremål ska förvaras och om möjligt konserveras. En stor mängd föremål har analyserats genom att projektgruppen har inventerat flera stora museisamlingar och analyserat 656 plastföremål.

Författarna Anders G. Nord och Kate Tronner, som är kemister verksamma vid Riksantikvarieämbetets Förvaltningsavdelning, har med den här boken ökat kunskapen om hur föremål av plast kan bevaras så länge som möjligt i museisamlingarna. Projektet har genomförts i samarbete med konservatorer vid Nordiska museet, Nationalmuseum och Armémuseum och i kontakt med externa polymerinstitutioner. Arbetet har varit utpräglat tvärvetenskapligt och inriktat mot tillämpad forskning och kunskapsutveckling.

Projektet har ingått i Riksantikvarieämbetets FoU-program med temat Moderna kulturarv och pågått under perioden 2005–2008. Den här boken kan bidra till att skapa bra förutsättningar för bevarande av museala plastföremål. Den kan också vara av stort intresse för alla som vill ta hand om och bevara föremål av plast.

För framförda sakupplysningar och åsikter svarar författarna.

*Riksantikvarieämbetet*

Riksantikvarieämbetets sektorsforskningsanslag, FoU, syftar till att utveckla kunskapsuppbyggnad och stimulera till forskning om kulturarvet och kulturmiljön. FoU-anslaget används för att stödja forskningsprojekt som befinner sig i mötet mellan kulturpolitik, kunskapsuppbyggnad om kulturmiljöer samt de vetenskapliga disciplinerna.





# 1. SAMMANFATTNING

Plast är ett plastiskt formbart, funktionellt och mångsidigt material som kan »skräddarsys« för olika tillämpningar. Dessvärre är hållbarheten (beständigheten) i många fall dålig, vilket medför problem för våra museer. För att kunna bevara så mycket som möjligt av detta moderna kulturarv, ansåg flera museer att det var viktigt med en omfattande undersökning av denna inom museivärlden eftersatta materialgrupp. Målsättningen var bland annat att kunna ge rekommendationer för en någorlunda säker förvaring av plastföremål i museimagasin, samt att ta fram åtgärder för aktiv och förebyggande konservering. Undersökningen har pågått i tre och ett halvt år (2005–2008). Projektet omfattar följande delar: (1) skadeinventering; (2) kemisk analys och identifiering; (3) nedbrytning av plast; (4) förvaring (»förebyggande konservering«); (5) aktiv konservering; och (6) resultatspridning. En kortfattad sammanfattning av de viktigaste resultaten presenteras i denna sammanfattning.

Projektgruppen har skickat ut en enkät till ett 50-tal svenska museer för att få en överblick av problematiken, samt genomfört inventering och analys av plastobjekt på nio svenska museer (1). Bruksföremål från Riksantikvarieämbetet, diverse kursmaterial samt objekt från projektdeltagarnas och våra kollegors hem och hushåll har inkluderats i undersökningen. Inventeringen har visat exempel på skador hos olika plaster. Skador som observerats är missfärgning, gulnad yta, sprickor, krackelering, bubblor, bucklor, försprödning, styvnad, fragmentering, utfällningar; ibland skrynklig, flammig eller »knottig« yta, samt emission av klibbiga eller illaluktande ämnen. Cellulosabaserade halvsyntetiska plaster, pvc, polyuretan och alla slags skumplaster, liksom föremål som varit använda under många år, har visat särskilt hög skadefrekvens. Exempel på plaster som sällan uppvisar synliga skador är bakelit, melamin, polykarbonat och teflon.

Olika kemiska tester och analysmetoder har använts (2). I rapporten redovisas några enkla tester med mera som underlättar identifieringen. De analysinstrument som framför allt har använts i den-

na studie för att få säkra resultat är FTIR och SEM/EDS. Analysdata för 656 plastföremål har sparats i tre Excel-filer, och alla erhållna IR-spektra har lagrats, tills vidare bara i Riksantikvarieämbetets FTIR-an slutna PC, som en värdefull referensdatabas. Denna väntas få stor betydelse för framtida undersökningar och analyser, eftersom IR-spektra för nedbrutna plaster inte finns med i kommersiellt tillgängliga databaser. Analysresultaten redovisas delvis i den löpande texten och är sammanställda i Appendix 1 i slutet av rapporten.

Genom ovanstående arbetsinsatser har projektgruppen fått en god överblick av föremålens skador. För att över huvud taget våga sig på att göra prognoser om föremålens livslängd är det viktigt att veta hur, och under vilka betingelser, plasterna bryts ned. Dessa kunskaper rörande polymerernas nedbrytning och tillsatsernas inverkan har erhållits genom egna litteraturstudier, men framför allt med extern hjälp (3). På uppdrag av projektgruppens kemister har således riktade litteraturstudier utförts bland annat av polymerkemister på KTH (Kungl. Tekniska Högskolan), IFP (Institutet för Fiber- och Polymerteknologi i Möln-dal), Swerea KIMAB (före detta Korrosions- och Metallforskningsinstituttet) samt SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås, före detta Statens Provningsanstalt). Det är helt klart att plasternas tillsatser väsentligt förändrar deras mekaniska och kemiska egenskaper, och därmed också deras hållbarhet och livslängd. Plasttillverkarna har av förklarliga skäl inte varit inriktade på ett musealt bevarande i sekler; av miljöskäl eftersträvas i många fall en snabbt nedbrytbar produkt.

Inom delområde (4) har vi förvärvat god kännedom om säkrare förvaringsbetingelser. De museala plastföremålen måste först och främst vara rengjorda. De ska förvaras med ordentliga avstånd mellan föremålen i ett rent, dammfritt och väl ventilerat magasin, med en inredning som inte kan skada föremålen. Man bör till exempel undvika hyllor av spånplattor. Utrymmet ska vara mörkt, torrt och svalt, med en jämn och låg temperatur, förslagsvis 5–10°C. Föremål av bland annat celluloid, samt fotografiska negativ av cellulosanitrat eller cellu-losaacetat, kan med fördel förvaras i en frysbox, men detta är givetvis kostsamt. Plaster som bryts ned under avgivande av syror eller andra skadliga ämnen (PVC, cellulosaderivat, vissa polyuretaner) måste förvaras åtskilda från övriga museiföremål för att ej skada dessa. Särskilda indikatorer som exempelvis reagerar på försurning av luften

bör placeras intill sådana objekt. Syre, framför allt i form av ozon, är skadligt för nästan alla plaster och många naturliga polymerer såsom gummi. Elektriska fläktar, kopieringsmaskiner, direkt solljus eller belysning som kan alstra ozon måste därför undvikas. Plaster som inte avger syror eller andra skadliga ämnen (jämför ovan) samt gummi-föremål kan med fördel förvaras i tillslutna så kallade AgeLess-påsar innehållande torkmedel och en syreabsorbant. För särskilt dyrbara och känsliga föremål finns museimontrar med möjlighet att leda in en inert gas, exempelvis kväve eller argon. Inkapsling av ett föremål med ett tätslutande skikt av bland annat parylen är en annan möjlighet, som dock kräver en dyrbar utrustning. Slutligen rekommenderas »good housekeeping« och regelbundna inspektioner. Vid dessa bör man leta efter tecken på en begynnande nedbrytning, såsom små sprickor eller missfärgningar i ytskiktet.

Kunskaper rörande aktiv konservering har framför allt erhållits genom studiebesök på välrenommerade institutioner och museer med stor erfarenhet av förvaring och konservering av plastföremål (5). Bland annat har deltagare i projektgruppen besökt Victoria and Albert Museum, Science Museum, National Army Museum och Plastics Historical Society i London, Vitra Design Museum (Weil am Rhein), National Museum of Scotland (Edinburgh), Instituut Collectie Nederland (Amsterdam), Danmarks Nationalmuseum (Köpenhamn/Brede), Canadian Conservation Institute (Ottawa), Fachhochschule (Köln), samt sex museer i Kanada. Dessutom har vi deltagit i relevanta seminarier och kurser i Göteborg och London, samt en ICOM-konferens i Haag år 2005, i vilken en särskild session om moderna material ingick.

Valda resultat från detta projekt har tidigare sammanfattats i två lägesrapporter (Nord *et al.* 2005, 2006). Resultaten presenterades genom ett av projektgruppen anordnat seminarium den 9 juni 2008 på Nordiska museet, samt genom ett flertal föredrag, bland annat i Stockholm, Lund, Köpenhamn, London, Montreal och Ottawa (6). Avsikten är att i största möjliga mån sprida resultaten till museer, antikvarier, konservatorer, auktionsfirmor, antikvitetshandlare, privata samlare, konstnärer och skulptörer, och sist med inte minst till den bredare allmänheten. Projektet har flera gånger uppmärksamats i dags- och veckopressen, och har (2008) deltagit i utställningen »Plastic Fantastic« på Dunkers Kulturhus i Helsingborg.

## 2. ABSTRACT

Plastics are in many ways functional and versatile materials, which can be tailor-made for specific applications. However, their stability is usually low, a matter that causes problems in museum collections. Therefore, studies of the degradation processes are urgently needed in order to save as much as possible of this often neglected part of our modern cultural heritage. This project will identify which plastic materials are most affected by deterioration, examine their damages, and estimate the risk for degradation. The results will form a basis for recommendations for safe storage and protection in museum collections. The work started in 2005 and has continued until August 2008. The project is focused on six main parts: (1) documentation of museum collections; (2) chemical analysis and identification of plastics; (3) deterioration of plastics; (4) storage of plastics («preventive conservation»); (5) active conservation; and (6) distribution of the results.

For part (1), an inquiry regarding the status of plastics collections has been sent to 50 Swedish museums. In addition, we have examined nine collections in large museums, and also plastic objects from the National Heritage Board and our households. The investigation has shown which plastics have degraded, and which have been more resistant. Discoloration, cracks, dents and stiffening were common damages, but also fragmentation, efflorescence, sticky emissions or crumbled surfaces were observed. Damage was particularly frequent on objects made of cellulose derivatives, PVC, and PU, and besides on plastic objects that show signs of usage. Objects made of bakelite, melamine, polycarbonate and teflon were usually in good condition, even after 50 years.

For chemical analysis (2), we have utilized a Perkin Elmer FTIR spectrometer and a scanning electron microscope, LEO 1455VP, equipped with an EDX unit for microanalysis. Various simple tests are compiled in the present report. Analytical results and documentation have continually been stored in three EXCEL files (Appendix 1), and a separate reference data base for IR spectra has been stored in the

PC attached to our FTIR spectrometer. Around 650 objects have been analyzed.

Our endeavours concerning part (3) include extensive literature studies, and also assistance from experts in polymer technology. For part (4), we have acquired knowledge for reliable recommendations for safe storage of plastic objects («preventive conservation»). Before storage, the objects must be cleaned. They should be stored in a clean, ventilated room, free from dust and with storage equipment that does not emit hazardous chemicals. Some distance should be kept between the objects, and illumination, electric fans and copying machines which may generate ozone must be avoided. The room must be dark and dry, with a low and constant temperature around 5–10°C. Storage in freezers is suitable for some plastics such as cellulose derivatives. Plastic objects which may emit acids must never be kept in closed AgeLess bags or containers, which on the other hand are suitable for metal artefacts, rubber and many other plastics. In museum exhibitions, show-cases containing an inert gas like nitrogen or argon are of course very safe for plastic objects. Encapsulation of plastic objects with parylene is another method for safe storage. Finally good house-keeping and regular inspections are recommended. Slight cracks or discolouration may be an indication of an incipient degradation.

Knowledge of active conservation measures has been obtained from experienced museums and institutes (5). For this purpose visits to various museums and institutes have been undertaken in Copenhagen, London, Edinburgh, Amsterdam (ICN), Weil am Rhein (Vitra Design Museum), Cologne (Fachhochschule Köln), Montreal and Ottawa.

The results (6) of this research project are summarized in the present report. In part they have also been presented in various international lectures throughout Europe and Canada. More specific papers will be prepared for museums and conservation institutes.

### 3. BAKGRUND, SYFTE OCH UPPLÄGG

Metallobjekt kan under gynnsamma omständigheter bevaras i tusentals år. Plastföremål har i allmänhet betydligt kortare livslängd, och problemen är avsevärda trots att relativt få plaster användes före 1950. Alla plaster bryts ned förr eller senare, en del inom några månader (!), medan andra kanske håller i flera hundra år. Den kemiska sammansättningen hos dessa makromolekyler är mycket varierande. Under slutet av 1800-talet tillverkades »halvsyntetiska« plaster i form av cellulosaderivat (cellulosanitrat, cellulosaacetat, celluloid, cellofan, konstsilke med flera), som nu i många fall är skadade eller helt nedbrutna. De första helt syntetiska »fenolplasterna«, till exempel bakelit, framställdes för cirka 100 år sedan. Dessa har dock visat sig vara förvånansvärt stabila. Under andra världskriget utvecklades lätta och starka plaster för militära ändamål, och redan under första världskriget framställdes i Tyskland med plast besläktade elaster (konstgummi) som ersättning för naturgummi. Efter 1950 framställdes en allt större mängd bruksföremål av nya plastmaterial. Detta faktum, samt det förhållandet att allt fler tillsatser kommit att användas vid tillverkningen, komplicerar självfallet bevarandeproblematiken.

Plaster har många goda egenskaper: de kan lätt formas genom pressning, gjutning, strängsprutning (extrudering), formsprutning eller valsning (kalandrering). De har låg densitet, ofta goda mekaniska egenskaper, och är förhållandevis billiga jämfört med metaller. Plasterna kan ofta »skräddarsys« för speciella ändamål eller produkter. Där emot är hållbarheten (bevarandegraden) betydligt sämre än hos andra konstruktionsmaterial. Man brukar säga att föremålen »åldras«: de blir spröda, spricker, krackelerar, fragmenteras, missfärgas, gulnar, får pulverformiga eller klibbiga beläggningar etcetera. Detta medför självfallet stora problem för våra museer. Plast förekommer ofta tillsammans med metaller eller andra material, exempelvis i elektriska apparater, hushållsmaskiner, leksaker, radio- och tv-apparater. Kontakten med metall (järn, koppar, mässing och så vidare) leder ofta till snabbare nedbrytning av plasten på grund av metallens katalytiska effekt.

Forskningen inom polymerteknologin är mycket omfattande, och det finns omkring 100 facktidskrifter som enbart behandlar plaster och deras tillverkning. Merparten är emellertid av rent teknisk natur, och behandlar vanligen en enda specifik fråga, till exempel rörande en viss katalysator eller uv-absorbator, extruderingsmaskiner, eller hur man ökar plastens elasticitet. Ett fåtal studier behandlar plasters bevarande under längre tid. I enstaka fall erfordras många års hållbarhet för en teknisk produkt, till exempel elkablar, men tillverkarna är i allmänhet inte intresserade av ett musealt bevarande i sekler. Av miljöskäl vill fabrikören ibland utveckla produkter som bryts ned relativt snabbt om de kastas ute i naturen, till exempel engångsartiklar eller billigt förpackningsmaterial. Man använder den lämpligaste och billigaste plasten för varje produkt. Forskning för att klarlägga nedbrytningen av plastföremål och ta fram riktlinjer för en säker förvaring av museala plastföremål är således angelägen men samtidigt mycket svår.

Under de senaste decennierna har forskare inom konservators- och museivärlden börjat intressera sig för bevarandeproblematiken. Personer som gjort stora insatser inom detta område är till exempel David W. Grattan och Scott Williams (Ottawa), John Morgan och Brenda Keneghan (London), Thea van Oosten (Amsterdam), Anita Quye (Edinburgh) och Yvonne Shashoua (Köpenhamn), med vilka vi har samarbetat.

Projektet kan sägas vara en fortsättning på Riksantikvarieämbetets tidigare studie av industriellt tillverkade bruksföremål av metall (Nord *et al.* 2005). Liknande undersökningar av plastföremål inom museivärlden är fåtaliga. Det finns ännu inte någon konservatorstjänst i Sverige enbart inriktad på denna problematik. Projektet avses ge en översikt av vilka plaster som är mest utsatta för nedbrytning, och vilka skador de uppvisar. Externa konsulter har anlåtats för att fastställa hur och under vilka förhållanden de vanligaste plastmaterialen bryts ned. De olika tillsatsernas betydelse har till viss del undersökts. Rekommendationer för hur föremålen ska förvaras på ett så säkert och kostnadseffektivt sätt som möjligt har tagits fram. Genom studiebesök på institutioner med stor erfarenhet av dessa frågor har projektgruppens konservatorer börjat samla kunskap om aktiva konserveringsåtgärder, ett område där vi i Sverige har mycket begränsade erfarenheter.





Figur 1. Gymnastikskor av konstgummi. Även sådana här föremål är en del av vårt kulturarv och bör, om möjligt, bevaras. Nordiska museet (Inv.nr NM 247.266). Foto: Kerstin Jonsson.

*Det är angeläget med en studie av denna inom museivärlden eftersatta materialgrupp, för att så mycket som möjligt av vårt moderna kulturarv ska kunna bevaras.*

Under åren 2005–2008 har vi arbetat med nedanstående aktiviteter:

### 1. SKADEINVENTERING

Projektgruppen har gjort en enkät till svenska museer om skador, konserveringsbehov, bevarande och hantering av plastmaterial i samlingarna. Gruppen har i nio större museisamlingar genomfört skadeinventeringar, dokumentation och (därefter) kemisk analys av plastföremål. Även undersökning av vilka material som emitterar skadliga ämnen har genomförts.

### 2. KEMISK ANALYS OCH IDENTIFIERING

Kemisk analys av plastföremål med eller utan skador har utförts. Resultaten har sammanställts i Excel-tabeller, och alla erhållna IR-spektra har lagrats i en referensdatabas. Enkla tester för identifiering av de vanligaste plasterna har sammanställts.

### 3. NEDBRYTNING AV PLAST

En kartläggning av vilka plaster som är känsligast för nedbrytning har genomförts, samt försök att uppskatta en förväntad (om möjligt) kvarvarande livslängd. Samband mellan nedbrytning och tillsatser i plasterna har undersökts genom litteraturstudier utförda av projektgruppen i samarbete med institutioner med polymerteknisk expertis.

### 4. FÖRVARING (»FÖREBYGGANDE KONSERVERING«)

Rekommendationer rörande förvaring av plastföremål i museimagasin har utarbetats. Vi har undersökt inverkan av magasinets klimat, ventilation, belysning, inredning, samt studerat andra institutioners sofistikerade förvaringsmetoder.

### 5. KONSERVERING

Kunskaper om aktiv och förebyggande konservering har inhämtats genom studiebesök på välrenommerade institutioner och museer med erfarenhet i dessa frågor.

## 6. RESULTATSPRIDNING

Forskningsresultaten har sammanställts i två lägesrapporter samt i denna slutrapport. Ytterligare en eller två vetenskapliga uppsatser för en internationell läsekrets är planerade. Ett seminarium för presentation av resultaten från detta projekt anordnades i juni 2008. Projektet har även uppmärksammats i dags- och veckopress.

## 4. TERMINOLOGI

En *plast* är i allmänhet ett organiskt, fast, plastiskt formbart ämne som är uppbyggt av en polymer (alternativt flera polymerer) och ett flertal ämnen som tillsatts för att förändra eller förbättra egenskaperna. En polymer är en makromolekyl, som vanligen är uppbyggd av ett mycket stort antal identiska molekylidelar (*monomerer*). Polymererna är antingen naturliga (i naturen förekommande) eller syntetiska. Kedjorna kan vara raka, grenade eller sammankopplade till ett tredimensionellt nätverk. Mer information om detta kan inhämtas bland annat från Brydson (1975), Billmeyer (1984), och Nicholson (1997).

De första plasterna var halvsyntetiska, och framställdes genom kemisk reaktion mellan naturliga polymerer såsom cellulosa eller gummi, och diverse kemikalier (se kapitlen 5 och 6). Även protein, det vill säga en makromolekyl som dock inte bör betraktas som en polymer, har använts som utgångsmaterial för halvsyntetiska plaster. De helsyntetiska plasterna indelas i *termoplaster* och *hårdplaster* (duroplaster); gummiartade produkter kallas vanligen *elaster* eller *elastomerer*. Termoplaster är förhållandevis enkla att framställa, och är även lämpliga för många tillverkningsmetoder. De smälter vid uppvärmning. Inom denna grupp återfinns de fyra vanligaste plasterna: *polyeten* (även: polyetylen; förkortas vanligen PE), *polypropen* (PP), *polystyren* (PS) och *polyvinylklorid* (PVC). Observera, att när det gäller polyeten både polymeren (makromolekylen) och den färdiga plasten (med eventuella tillsatser) kallas polyeten. Liknande terminologi används på flertalet plaster, och kan ibland ge upphov till missförstånd. För att ytterligare komplicera det hela kan polyeten framställas med olika strukturer (LDPE, HDPE med flera). Det är exempelvis en tydlig skillnad mellan en Tupperwareburk av polyeten och en bärkasse av PE-plast. Detsamma gäller för polypropen, PVC etcetera. Man bör således tala om »plastfamiljen polyeten«, »plastfamiljen polypropen« och så vidare om man ska vara helt korrekt.

Hårdplaster (duroplaster) har en mer komplex sammansättning. De är strukturellt starkare än termoplasterna på grund av tvärbind-

ningar mellan polymerkedjorna. Hårdplasterna är mer komplicerade att tillverka, men produkterna blir starkare och hållbarare, och därmed också dyrare – föremål av exempelvis *bakelit* eller *melamin* beräknas hålla i några hundra år.

Till gruppen elaster hör naturligtvis naturgummi, samt syntetiska gummi produkter och helsyntetiska plaster som silikoner, och vissa polyuretaner. I den senare gruppen ingår bland annat de välkända elastiska fibrerna Lycra och Spandex.

## 5. HISTORISK ÖVERSIKT

Texten i kapitel 5 baseras delvis på uppgifter från Bolin & Gustaver (1960) samt Quye & Williamson (1999).

Som ovan nämnts finns det många *naturliga polymerer*. Det är därför inte förvånande, att de första halvsyntetiska plasterna framställdes genom att behandla i naturen förekommande makromolekyler med diverse kemikalier. De första försöken gjordes med cellulosa. År 1862 lyckades Alexander Parkes tillverka *cellulosanitrat* (CN) genom att låta cellulosa reagera med svavelsyra, salpetersyra och en så kallad mjukgörare. Produkten blev populär och användes tidigt som imitation för sköldpaddskal till toalett- och prydnadsföremål. Lågnitrerat cellulosanitrat gelatinerades senare med kamfer till produkten *celluloid*. Denna användes från 1880-talet bland annat till fotografisk film, som dessvärre visade sig vara mycket eldfängd. I kemiskt hänseende liknar den bomullskrut. Detsamma gällde cellulosanitratbaserade textilfibrer, framställda 1889 av fransmannen Chardonnet, vilka på grund av sin fina glans fick namnet *konstsilke*. Hållbarheten för cellulosanitrat tycks i hög grad bero på tillverkningen. Vissa föremål har bevarats i hundra år utan problem, medan andra brutits ned inom några decennier under avgivande av kväveoxider och salpetersyra.

År 1894 började den mindre eldfängda (men fortfarande kemiskt instabila) produkten *cellulosaacetat* (CA) att tillverkas. Den ersatte snart cellulosanitrat till fotografisk film (»safety film«), samt användes för tillverkning av toalettartiklar, glasögonskallar, leksaker med mera. Kodaks »safety film« innehöll emellertid en tillsats av cellulosanitrat på grund av dennas överlägsna mekaniska egenskaper. Snart började man även tillverka mer brandsäkra textilfibrer av cellulosa, som ersättning för det betydligt dyrare silket. Ett konstsilke framställt genom att behandla cellulosa med ättiksyra, ättiksyraanhydrid och svavelsyra kom att kallas acetatsilke eller *rayon*. Andra metoder för tillverkning av konstsilke introducerades omkring 1900. Sålunda framställdes *viskossilke* (även kallat *merceriserat silke*) genom en blandning av cellulosasulfit, natriumhydroxid och koldisulfid. Av viskocellulosa framställdes genomskinlig *cellofan*. Den i särklass finaste, men även dyraste, varianten av syntetiskt »silke« erhöles genom att

lösa cellulosa i en ammoniakalisk kopparsaltlösning («Bembergssilke» eller »kopparrayon»). Ytterligare halvsvart syntetiska plaster baserade på cellulosa förekommer, såsom cellulosapropionatplast, cellulosaabutyrat och cellulosaacetatbutyrat. De är starka och hårda, och används fortfarande bland annat till verktygsskaft. Cellulosa behandlad med zinkklorid gav den då för tiden populära produkten *vulkanfiber*, som användes till resväskor, askar, glasögonfodral, mösskärmar med mera.

Även naturligt gummi (latex) har använts för tillverkning av plaster. Vulkanisering med svavel ger en plastliknande produkt kallad *ebonit* (hårdgummi), alternativt *vulcanit*. Den är ofta svartfärgad på grund av en stabiliserande tillsats av kimirök, på samma sätt som bildäck fortfarande stabiliseras mot UV-ljus med kimirök. Vid sekelskiftet 1900 producerades olika halvsvart syntetiska plaster av protein. Exempelvis behandlades kaseinpulver ur mjölk med formaldehyd till en så kallad kaseinplast (*galalit*), som är hård och vit. Galalit är förhållandevis stabil, och har använts mycket till knappar, enklare smycken, knivskaft etcetera.

Den första helsvart syntetiska plasten, nämligen *bakelit* (en så kallad fenoplast), framställdes år 1907 av den belgisk-amerikanske kemisten Leo Baekeland (som givit namn åt produkten) genom kemisk reaktion mellan fenol och formaldehyd. Redan året därpå lanserades denna produkt som en »konstharts«. En »flammig« färg hos produkten maskerades genom tillsats av exempelvis kimirök, och praktiskt taget enbart mörka, oftast svarta eller mörkbruna, produkter tillverkades. Bakelit har mycket god hållbarhet, och tack vare goda elektriskt isolerande egenskaper har den använts till telefoner och elektriska komponenter (figur 2). Under första världskriget experimenterade framför allt tyska kemister med framställning av konstgummi som ersättning för det då svåråtkomliga rågummit. Mest använd blev den syntetiska BuNa-kautschuken.

Under perioden 1920–1940 framställdes många nya plastsorter, men den praktiska användningen och antalet produkter var av tämligen liten omfattning under dessa årtionden. Exempel på sådana plaster är *fenolplaster* (dit även bakelit hör), *karbamidplaster* baserade på urinämne, *polyvinylklorid* (PVC), *melamin*, *polystyren* (PS) med flera. Men först efter andra världskriget kom de till större praktisk användning. I slutet av 1930-talet patenterade DuPont polyamiden *nylon*. Praktiskt



Figur 2. Telefon från 1940-talet, tillverkad av bakelit. Göteborgs Stadsmuseum (Inv.nr GIM 8631). Foto: Katarina Lampel.

taget all nylon kom snart att användas till militära produkter såsom fallskärmar, slitstarka rep med mera. Men efter andra världskriget försvann de tunna damstrumporna av silke/konstsilke och ersattes av slitstarkare och elegantare nylonstrumpor. Allt fler textilier består nu av, eller blandas med, syntetiska polymerer som polyamider (nylon och perlon), polyester (terylen, dacron, diolen, trevira med mera), elastiska polyuretaner (Lycra, Spandex, elastan), akryl och polyvinyl (orlon, dralon, acrilan, courtelle) etcetera. Näst efter bomull är terylen den vanligaste textilfibern i dag. Det bör påpekas att ett otal mer eller mindre fantasifulla produkt- eller fabriksnamn förekommer på nästan alla plaster som används i vardagslivet.

Efter 1950 har flera viktiga plaster och produkter kommit ut på marknaden. De vanligaste plasterna som då introducerades i stor skala var flera varianter av polyeten (PE), polypropen (PP), samt de stora grupperna av *polyuretaner* (PU eller PUR), *akrylater* och *polyestrar*. Mindre använda är de dyrare plastsorterna *polykarbonat* (PC), *epoxiplast* (EP), *ABS-plast*, *acetalplast*, *silikonplast*, *teflon*, *viton* med flera. Några exempel visas i figur 3. Tack vare att material med önskade egenskaper kan skräddarsys genom diverse tillsatser är mångfalden mycket stor, och flera basämnen kan dessutom sampolymeriseras. Varje år patenteras hundratals nya plaster för specifika ändamål, till exempel elektronik, kemisk industri, rymdforskning, solceller och så vidare.



Figur 3. Några hushållsföremål tillverkade av polystyren och polypropen. Göteborgs Stadsmuseum (Inv.nr GM 33466, GM 36152, GM 36522).  
Foto: Katarina Lampel.

De senaste åren har problemen med klimatförändringar på grund av växthuseffekten uppmärksammats, och flera biologiskt nedbrytbara engångsplaster (»biodegradable plastics«) som inte tillverkas av petroleumprodukter har introducerats på marknaden. Dessa är vanligen baserade på cellulosa; exempelvis cellulosapropionat, som numera är relativt vanlig till engångsmuggar. Man kan säga att »cirkeln är slutet»; vi är tillbaka där historien började för cirka 150 år sedan med cellulosa som baskemikalie. Försök med återvinning av kemikalier har pågått i flera år, och hittills har goda resultat erhållits för engångsflaskor av så kallad PET-plast (termoplasten *polyetylentereftalat*). Det är helt klart att plast kommer att spela en mycket stor roll som material även i framtiden, men floran av plaster blir sannolikt kraftigt förändrad med inriktning på produkter som är mindre beroende av petroleum och samtidigt mer skonsamma mot miljön.





## 6. PLASTERNAS SAMMANSÄTTNING

### INLEDNING

Som ovan nämnts är plast ett organiskt, fast, plastiskt formbart ämne uppbyggt av en *polymer* (alternativt flera polymerer) och (vanligen) ett flertal tillsatser. En polymer är en makromolekyl, som är uppbyggd av ett mycket stort antal identiska molekyldelar (*monomerer*). Dessa polymerer bildar raka eller grenade kedjor. Observera att en plast bara är plastisk över den så kallade glasomvandlingstemperaturen; under denna temperatur är plasten spröd och glasartad. I huvudsak är en plast amorf, det vill säga icke-kristallin. Men en del plaster har en viss grad av kristallinitet (regelbundenhet). Denna molekylära närordning förekommer emellertid alltid tillsammans med amorfa (regellösa) regioner, till skillnad från helt kristallina ämnen som metaller, metalloxider, salter och fasta organiska ämnen, vilka har en exakt, likartad kristallstruktur i varje del av ämnet. Graden av kristallinitet kan bestämmas med hjälp av röntgendiffraktion. En högre kristallinitet hos en plast ger högre densitet och väsentligt bättre hållfasthet i den kristallina riktningen (nylonfibrer!). Dessutom blir plasten mindre genomsläpplig för gaser och vätskor.

### NATURLIGA POLYMERER OCH HALVSYNTETISKA PLASTER

De första plasterna var halvsyntetiska, tillverkade genom att en naturlig polymer behandlades med kemikalier. Gummi (latex, kautschuk), ett elastiskt ämne från en harts som utvinns ur gummiträdet *Hevea brasiliensis*, är en polymer av kolvätet isopren,  $C_5H_8$ . Om det behandlas med svavel (vulkaniseras), bildas ett plastiskt hårdgummi kallat ebonit eller vulcanit. En annan naturlig elast är guttaperka, som är kemiskt besläktad med gummi. Även denna utvinns ur olika tropiska trädslag, huvudsakligen guttaperkaträdet, men har andra fysikaliska egenskaper än latex.

Två andra vanliga naturliga polymerer är cellulosa och stärkelse. Dessa byggs upp av sammankopplade dehydrerade glukosmolekyler ( $C_6H_{10}O_5$ ) till stora makromolekyler, som i cellulosa är raka, och i

stärkelse starkt förgrenade. Genom behandling med olika kemikalier tillverkades tidigt diverse halvsyntetiska plaster och textilfibrer (se kapitel 5). De vanligast förekommande celluloserivatena är cellulosanitrat (CN), cellulosacetat (CA), cellulosaabutyracetat (CBA) och olika slags konstsilke. Bevarandeproblematiken för dessa ämnen är oklar och svårtolkad. En del cellulosanitratprodukter från 1800-talet är fortfarande väl bevarade, medan betydligt »yngre« CN-föremål kan vara helt nedbrutna. Detta diskuteras längre fram i rapporten (kapitel 12). Celluloserivatena har ofta termoplastiska egenskaper.

Även proteiner har använts för tillverkning av halvsyntetiska plaster. Ett protein är uppbyggt av ett tjugotal olika aminosyror och även andra organiska ämnen, vilka är sammanlänkade till en mycket komplex makromolekyl. Observera att denna makromolekyl *inte* är att betrakta som en polymer. Aminosyrorna är nämligen inte regelbundet ordnade som molekyldelarna (monomererna) i till exempel gummi eller cellulosa. För cirka 100 år sedan tillverkades emellertid kaseinplasten galalit genom reaktion mellan kasein (ett protein som finns i mjölk) och formaldehyd. Andra synonyma namn på kaseinplast är exempelvis aralac (USA), ambloid (Japan), casolith (Nederländerna), lactoid (England) och zoolit (Italien). Flera andra proteinbaserade produkter framställdes därefter, ofta av vegetabiliska ämnen. De har namn som cardolite, lanital, maizite, plastone, roburine, soylon, vicara, zinlac med flera.

Helsyntetiska plaster har nu funnits i hundra år. De framställs genom polymerisation (polyaddition eller polykondensation) av mindre molekyler till makromolekyler. Basmaterialen är i de flesta fall mineralolja, men även stenkol och cellulosa används till fabrikation av vissa plaster. De syntetiska plasterna indelas i grupperna *termoplast*, *hårdplast* (duro-plaster) och *elaster*. De behandlas här nedan i denna ordning. Indelningen av plast i dessa tre grupper är inte bara av intresse för kemister, utan även för museipersonal, eftersom gruppernas olika egenskaper underlättar en preliminär identifiering. Faktorer som påverkar nedbrytningen av de olika plasterna redovisas i kapitel 12.

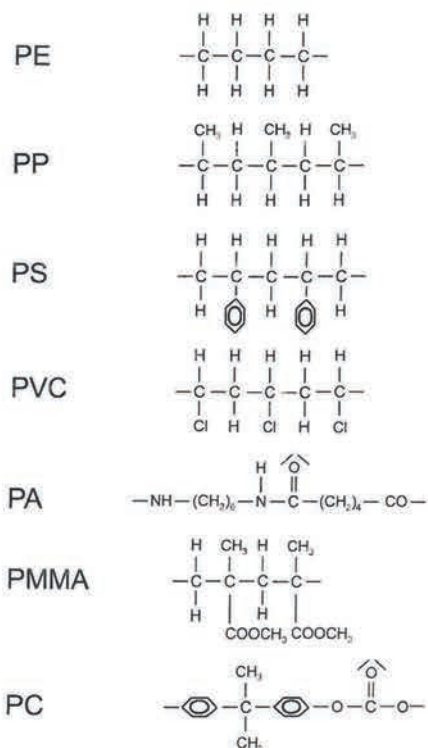
## TERMOPLASTER

Termoplasterna utgör den största gruppen bland plasterna. De är uppbyggda av kedjemolekyler lagrade som fibrerna i en bomullstuss, och vanligen mjuknar de och smälter vid uppvärmning. Detta kan ge en preliminär vägledning vid identifiering av en plast. Några (till exempel polyeten och polyamid) har en viss grad av kristallinitet. Bland termoplasterna återfinns de fyra vanligaste plasterna, eller »plastfamiljerna«, nämligen polyeten (PE), polypropen (PP), polystyren (PS) och polyvinylklorid (PVC). De är förhållandevis billiga att tillverka, och används framför allt till enklare produkter som förpackningar, engångsartiklar, hushållsföremål, leksaker med mera. Termoplaster utgörs oftast av linjära makromolekyler av formen  $-A-A-A-A-A-$  där A är en monomer.

Den till sin struktur enklaste termoplasten är polyeten (PE). De första försöken att tillverka polyeten gjordes redan på 1930-talet vid Imperial Chemical Industries (ICI) i England. Den kemiska strukturen är  $-CH_2-CH_2-CH_2-$  och så vidare i form av en makromolekyl som dock inte är helt linjär utan kan ha förgreningar. Den kemiska strukturen (se figur 4) påminner mycket om den hos paraffin, och ytan känns också vaxartad. Denna första produkt hade låg densitet, och kallas numera LDPE (Low Density Poly-Ethylene). Den är en av de få plaster som flyter i vatten. 1951 tillverkades en variant av PE i vacuum. Denna fick egendomligt nog högre densitet och kallas således HDPE (High Density Poly-Ethylene). Den har en tätare och mer kristallin struktur än LDPE, och är dessutom mer hållbar och kemiskt mer beständig. Det finns även andra varianter av polyeten.

En plast som strukturkemiskt är besläktad med polyeten är den högkristallina plasten teflon, PTFE (Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene). Den kemiska strukturen är  $-CF_2-CF_2-CF_2-$  och så vidare. I likhet med polyeten har även denna plast en vaxartad, »fet« yta, vilket gör den mycket lämplig som beklädnad i stekpannor. Tåligheten mot värme och kemikalier är extremt god; den motstår praktiskt taget alla syror inklusive fluorvätesyra. Den maximala användningstemperaturen är cirka 300°C. Friktionen är mycket låg. Dessvärre är denna plast dyr att tillverka. I andra varianter av teflon har en del fluoratomer ersatts av klor.

Även polypropen (PP) är besläktad med polyeten. Strukturen för



Figur 4. Molekylstrukturer för några vanliga termoplaster: Polyeten (PE), isotaktisk polypropen (PP), polystyren (PS), polyvinylklorid (PVC), polyamiden Nylon-66 (PA), polymetylmetakrylat (PMMA; »plexiglas«), och polykarbonat (PC).



Figur 5. En för ett halvsekel sedan elegant damsandalett av PVC (1950-tal). De genomskinliga remmarna har nu blivit styva och hårda. Nordiska museet (Inv.nr NM 283.388). Foto: Kerstin Jonsson.

så kallad isotaktisk polypropen framgår av figur 4. Alla metylgrupper pekar här åt samma håll. Om metylgrupperna ordnas så att varannan pekar upp och varannan ned, får man en i stället syndiotaktisk polypropen med något annorlunda egenskaper. En helt »oregelbunden« PP vad beträffar metylgruppernas placering kallas ataktisk. Skillnaderna mellan de tre grupperna är framför allt olika mekanisk hållfasthet. Kommersiell PP består till större delen av isotaktiska polymerkedjor. De »utstående« metylgrupperna gör PP-plast mycket känsligare för nedbrytning än till exempel PE. Normalt måste alla PP-produkter stabiliseras kemiskt, såvida de inte ska användas till snabbt nedbrytbara engångsbestick eller billigt förpackningsmaterial. Polystyren (PS) utgörs av polymeriserad styren (vinylbensen) med formeln  $-\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ . Vid polymerisation bildas en lång kedja (figur 4). På grund av den »bulkiga« bensenringen blir plasten styv och hård. Hållbarheten är god, varför den används flitigt inom plastindustrin.

Polyvinylklorid (PVC) är en plast som kräver flera tillsatser för att bli hållbar och praktiskt användbar. Strukturformeln för den vanligaste formen av PVC visas i figur 4. Den kan enklare skrivas som  $-\text{CH}_2-(\text{CH}-\text{Cl})-\text{CH}_2-(\text{CH}-\text{Cl})-\text{CH}_2-$  och så vidare. Jämfört med formeln för polyeten är således var fjärde väteatom ersatt med en kloratom, det vill säga det teoretiska klorinnehållet är 25 procent. Även andra (högre eller lägre) halter av klor förekommer. En produkt med 50 procent klor kallas polyvinylidenklorid. Klorväte (HCl) avspaltas med tiden från icke stabiliserad PVC, och för de flesta produkterna tillsätts en stabilisator för att förhindra detta sönderfall. Ren PVC är mycket hård, och används i detta tillstånd bland annat till hållfasta föremål som avloppsrör. Men för de flesta produkter krävs att stora mängder mjukgörare tillsätts. Dessa migrerar (vandrar) långsamt ut mot ytan, och föremålet blir med tiden styvt och stelt (figur 5 och 6). Det finns ett femtiotal synonyma namn för PVC, som olika tillverkare har valt; se till exempel Pettersson (1996). En med PVC besläktad plast är PVA, polyvinylacetat. Den utgör basen i så kallade latexfärger, som inte har något med latexgummi att göra!

Ytterligare några olika termoplaster ska beskrivas här. Hit hör till exempel gruppen polyamider, som tillverkas genom reaktion mellan en di-karboxylsyra (kallad A) och en diamin (B), så att man får en produkt med strukturformeln  $-\text{AB}-\text{AB}-\text{AB}-\text{AB}-$  och så vidare.

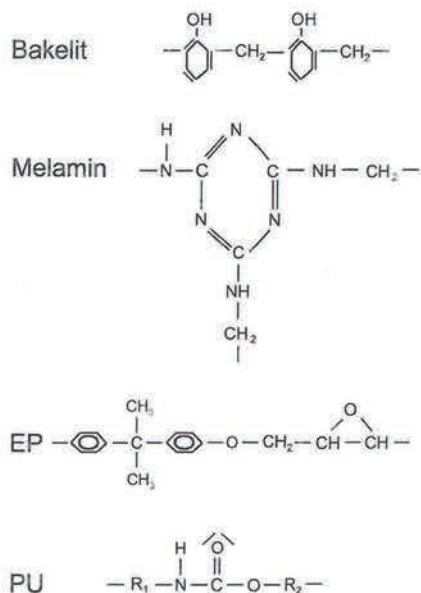
Polyamiderna har relativt låg smältpunkt och hög kristallinitet. De används i stor utsträckning till textilfibrer, men har även andra viktiga användningsområden. De vanligaste textilfibrerna inom denna grupp är nylon (många olika varianter!) och perlon. Nylon-66 framställs genom reaktion mellan adipinsyra och diamonohexan (figur 4). Polyamider utgör en betydelsefull grupp av termoplaster. Den mycket starka aromatiska polyamiden Kevlar används bland annat till skottsäkra västar.

Polyestrar tillverkas genom kemisk reaktion mellan en karboxylsyra (A) och en alkohol (B), och liksom för polyamid blir strukturformeln  $-AB-AB-AB-AB-$  och så vidare. En del polyestrar är termoplastiska, till exempel den välkända PET-plasten (polyetylentereftalat), som används till återvinningsbara plastflaskor. Den används också till textilfibrer (terylen), liksom de besläktade fibrerna dacron, diolen, trevira med flera. Näst efter bomull är terylen den vanligaste textilfibern i hela världen. En mindre använd plast är PBTP, polybutylentereftalat. Andra polyestrar kan vara härdplaster (se nedan). Även akrylater är termoplastiska. Den vanligaste produkten är polymetylmetakrylat (PMMA), i Sverige kallad plexiglas (engelska: perspex); se figur 4.

En mindre vanlig termoplast är acetalplast – dess vanligaste representant är POM, polyoximetylen baserad på monomeren  $-(CH_2 - O -)_n$ . POM har huvudsakligen tekniska applikationer. Den har mycket hög grad av kristallinitet. Betydligt vanligare är den termoplastiska sampolymeren ABS, det vill säga akrylnitril-butadien-styren. Den används ofta till telefonkåpor, köksmaskiner, instrumentpaneler, leksaker med mera. Mindre vanlig är SAN-plast, en amorf styren-akrylnitril-sampolymer. Även ASA, akrylnitril-styren-akrylat, är en amorf termoplast. Polykarbonat (PC) har god hållbarhet. Den är amorf, hård och glasklar. Den tillverkas genom att binda samman bisfenolmolekyler med den giftiga gasen fosgen ( $COCl_2$ ). Den bindning som därvid uppstår,  $-O - C=O - O -$ , har förmodligen givit upphov till det missvisande namnet karbonatplast (figur 4). Polykarbonat används till utomhusarmaturer, bilglas, optiska linser med mera. Polysulfon (PSU) är en annan amorf termoplast som tål relativt höga temperaturer, normalt upp till  $150^\circ C$ .



Figur 6. Blå regnrock av PVC tillverkad på 1970-talet. Även denna har blivit styv genom förlust av mjukgörare. Nordiska museet (Inv.nr NM 283.352). Foto: Kerstin Jonsson.



Figur 7. Molekylstrukturer för några vanliga hårdplaster: Bakelit (en fenolplast), melamin, epoxiplast (EP) och polyuretan (PU eller PUR).

## HÄRDPLASTER

Hårdplaster (duro-plaster) tillverkas vanligen genom att två molekyllag (A och B) binds samman genom så kallad polykondensation till en makromolekyl av typen  $-AB-AB-AB-AB-$  och så vidare. De är starkare och hårdare än termoplasterna på grund av tvärbindingar mellan polymerkedjorna, och de smälter inte vid uppvärmning utan förkolnar till en svartbrun massa. Med hänsyn till plasternas termiska egenskaper brukar man likna termoplasterna vid smör och hårdplasterna vid ägg: smöret kan smältas och åter fås att stelna, men ett en gång upphettat ägg kan aldrig återgå till sin ursprungliga form. Såväl polymer som plast är mer komplicerade att tillverka. Produkterna blir därför dyrare, men samtidigt mer hållbara. Hårdplasterna används framför allt som konstruktionsmaterial där god mekanisk hållbarhet krävs, samt till finare hushållsartiklar, prydnadssaker, laminat, handtag, rattar med mera. Några exempel på vanliga hårdplaster lämnas här.

Den första helsyntetiska plast som framställdes var en hårdplast, nämligen bakelit. Den tillverkas som tidigare nämnts genom reaktion mellan fenol och formaldehyd. Strukturformeln visas i figur 7. Många andra så kallade fenolplaster (baserade på fenol) tillverkades senare som efterföljare till bakelit. Besläktade med fenolplasterna är karbamidplaster, som tillverkas av karbamid (urinämne) och andra kemikalier. En mycket hållbar plast är melamin (Mepal), tillverkad av det heterocykliska ämnet melamin och formaldehyd (figur 7). Samtliga dessa plaster är mycket hårda, har en tålig yta som påminner om porslinsglasyr, och har mycket god hållbarhet. De är dyrare att tillverka än termoplasterna, och framför allt melamin används huvudsak-



Figur 8. Tre blåa skålar av melaminplast. Göteborgs Stadsmuseum (Inv.nr GM 38347). Foto: Katarina Lampel.

ligen till finare, designade köksartiklar och prydnadsföremål (figur 8). Den välkända Perstorpsplattan är ett laminat av en fenolplast och melamin.

Till hårdplasterna räknas även vissa polyestrar (jämför ovan), epoxiplaster (EP) och en del polyuretaner, som förkortas PU. (PUR står vanligen för »Polyurethane Rubber«.) Epoxiplast tillverkas genom reaktion mellan en bisfenol och epiklorhydrin (2-klor-1,3-epoxi-propen). De används främst till limmer, lacker och laminat. Polyuretan framställs av molekyler innehållande två OH-grupper, till exempel en alkohol, eter eller ester, som binds samman med ett di-isocyanat (mycket giftigt!). En strukturformel visas i figur 7. Hårdplasten polyimid (PI) har extremt goda värmeegenskaper, till och med bättre än teflon. Användningen hämmas dessvärre av avsevärda bearbetnings-svårigheter vid tillverkningen.

## ELASTER

Till dessa gummiliknande produkter hör konstgummi, vissa polyuretaner (PUR) samt silikonerna. Konstgummi framställdes redan under första världskriget i Tyskland som ersättning för det svåröverkomliga naturgummit. Framför allt polymeriserades butadien till så kallad BuNa-kautschuk, men även di-metylbutadien lämpade sig för tillverkning av konstgummi. Ett »modernare« konstgummi är *neopren*, polyklorbutadien. Organiska kiselföreningar (silikonerna) framställdes redan på 1800-talet, men det är i huvudsak efter andra världskriget som dessa fått många användningsområden. Hållbarheten för elasterna varierar kraftigt. Icke vulkaniserat gummi har mycket dålig hållbarhet. Syntetiskt konstgummi kan hålla mellan några år och flera decennier. Polyuretaner som skumplast fragmenteras och smulas sönder med tiden. Silikonerna har i allmänhet god hållbarhet.

Det finns många syntetiska termoplastiska elaster (TPE). Dessa kan vara baserade på uretan (TPU), styren, ester eller amid. TPU-elasterna har generellt bättre egenskaper än övriga TPU-material, men ligger också högre prismässigt. De utgör en stor grupp med många användningsområden, såsom för fyllning och stoppning i möbler, madrasser, skosulor, samt till elastiska fibrer. Många elaster, de flesta baserade på polyuretan (Lycra, Spandex, elastan, Vyrene, Spanzelle, Dorlastan med flera) är vanliga i baddräkter, underkläder och stödstrumpor.



## TILLSATSER TILL PLASTERNA

Plast består inte bara av en polymer, utan även av många tillsatser (additiv). Moderna plaster kan ha upp till 20 olika tillsatser. Vissa av dessa behövs för polymerisationsprocessen och för att underlätta tillverkningen. Ofta erfordras dessutom stabilisatorer, flamskyddsmedel, färgämnen, fyllmedel, biocider med mera (tabell 1). Många plaster kräver kemikalier som förhindrar oxidation, termiskt sönderfall eller påverkan av UV-ljus. Tillsatserna är vanligen dyrare än själva polymeren, och används naturligtvis bara när det är nödvändigt. Mängden tillsats kan variera från någon promille till tiotals procent. Exempelvis är ren PVC mycket hård, och för de flesta tillämpningar tillsätts upp till 50 procent av en mjukgörare, vilket självfallet påverkar många mekaniska och kemiska egenskaper hos den färdiga produkten. Även fyllmedel kan tillsättas i höga halter, vilket i de flesta fall försämrar den mekaniska hållfastheten. Många tillsatser förbrukas med tiden. Detta gäller framför allt stabilisatorer – när dessa har förbrukats sker sönderfallet relativt snabbt. De många olika tillsatserna försvårar bedömningen av ett plastföremåls ungefärliga livslängd och bevarandegrad, och förändrar även plastens egenskaper. En annan nackdel är att analysarbetet kompliceras (se kapitel 10). Höga halter av mjukgörare eller fyllmedel identifieras dock enkelt med FTIR-spektroskopi.

Det går tyvärr inte att i efterhand kompensera en plast för en avsaknad av korrekt stabilisering eller för de negativa effekter som andra tillsatser kan ha på plasten. Många plastprodukter är inte heller tillverkade för att ha en lång livslängd. Mängden och typen av tillsatser styrs ofta av ekonomiska faktorer och inte med avseende på att vi i framtiden ska kunna beskåda plastprodukterna som historiska objekt.

## MILJÖSYNPUNKTER

Plast har en icke obetydlig inverkan på miljön. Den dominerade baskemikalien för tillverkning av plast är mineralolja. För exempelvis fenolplasterna dominerar fossilt stenkolk som baskemikalie. Många plaster avger hälsovådliga ämnen vid nedbrytning, till exempel kväveoxider, syror, aldehyder eller klorhaltiga organiska föreningar. Vid polymerisationsprocessen används ofta katalysatorer som kvarlämnat en giftig metall i plasten, till exempel kadmium. Giftiga tung-

POLYMER	PE, PP, PS, PVC, PA, PU/PUR, POLYESTER ETC.
Processkemikalier	Initiator och katalysator för polymerisationsprocessen.
Tillverkningsrelaterade kemikalier	Mjukgörare: lecitin, DOP=dioktylfthalat, DEHP=dietylhexyl-ftalat, DOA=dioktyladipat, DOC=dioktylcebacat, TPP=trifenylfosfat, DIDP=tyngre ftalater, DBP=dibutylftalat, TCP=trikresylfosfat, cionsyraderivat, polyestrar.  Smörjmedel: metallstearat.  Släppmedel, emulgeringsämnen, förtunningsmedel. Ytspänningsändrande ämnen, jäsmedel, skumbildare.
Övriga tillsatser	Stabilisatorer: organiska föreningar av tenn, bly, zink eller barium; stearater, magnesiumsalter, mercaptider, alkylbensener, xantha- ter, benzoater; i cellulosaakrut (CN) difenylamin, tidigare: blysalter i PVC, tennföreningar, karboimider. Tinuvin, Impranil, Irgafos, Hostanox, m. fl. fabriksnamn. Metalldeaktivatörer.  Antioxidanter: epoxiderad sojabönlolja, fenylnaftyaminer, fenol- derivat, fenolfosfit, oxybenzofenonderivat, Irganox.  UV-absorbatorer: svarta pigment (t.ex. kimrök, »carbon black«), hydroxybenzofenoner, triazin, oxazine, salicylater, salicylsyre- estrar, benzofenon-derivat, benzotriazol-derivat, triazin, dioxy- benzone, gruppen HALS (Hindered Amine Light Stabilizers).  Flam- och brandskyddsmedel: polyfosfater, bromerade före- ningar, aluminiumhydroxid, antimonoxid. Antistatmedel.  Färgämnen: oorganiska och organiska, azofärgämnen, metall- pulver. Pigment, t.ex. kimrök, krita, TiO <sub>2</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , ZnO, CdS, BaSO <sub>4</sub> , CaCO <sub>3</sub> .  Fyllmedel: krita, trämjöl, lera, silikater, gummipartiklar, andra plaster, armeringsmaterial (t.ex. glasfibrer eller kolfibrer).  Biocider  Parfymer

Tabell 1. Exempel på plasters olika be- ståndsdelar – polymerer och tillsatser.

metaller förekommer även i andra tillsatser, framför allt i stabilisatorer och färgämnen. Vid förbränning bildas ofta hälsovådliga ämnen, vilket ställer miljömässiga krav. Självfallet bildas vid all förbränning koldioxid, vilket påverkar klimatet negativt. Försök med återvinning av plast har pågått några år, och hittills har goda resultat erhållits vad beträffar engångsflaskor av så kallad PET-plast (polyetylen-tereftalat, en termoplast). Återvinning av hårdplaster befinner sig ännu på försöksstadiet.

## 7. TILLVERKNING

Merparten av kapitel 7 har författats av docent Ignacy Jakubowicz vid SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås (före detta Statens Provningsanstalt).

### INLEDNING

Bastillverkningen av polymerer och plaster är koncentrerad till ett litet antal stora fabriker, som levererar plastråvaran till olika fabrikanter och småfabriker, ofta i form av pellets. Fabrikören kan vid beställning av plastråvara specificera vilka egenskaper som önskas, och basfabriken tillsätter då lämpliga kemikalier för att tillgodose beställarens önskemål. Det kan röra sig om ämnen som behövs för att underlätta tillverkningen, stabilisatorer, flamskyddsmedel, färgämnen, fyllmedel, biocider med mera (se tabell 1 i kapitel 6). En del plaster klarar sig relativt bra utan stabilisator, men flertalet kräver ämnen som förhindrar oxidation, termiskt sönderfall eller påverkan av UV-ljus. Användningen av kimrök som UV-stabilisator är cirka 100 år gammal. PVC måste stabiliseras för att förhindra nedbrytning och emission av klorväte. Polypropen måste praktiskt taget alltid stabiliseras – i annat fall bryts den ned på någon månad. Beställaren bör även specificera hur länge produkten förväntas hålla och vad den ska användas till. En normal livslängd för en plastprodukt är några decennier. Engångsmuggar och liknande artiklar behöver självfallet inte stabiliseras. Tillsatserna är i allmänhet dyrare än själva polymeren, och används bara när det är nödvändigt. Många tillsatser förbrukas med tiden.

### METODER FÖR TERMOPLASTER

Här nedan presenteras olika metoder för tillverkning av plastföremål. Beskrivningen gäller i huvudsak termoplast, eftersom dessa är enklast (och även billigast) att tillverka. Detta beror på att termoplasten kan smältas, och sedan åter fås att stelna genom avkylning efter tillverkningsprocessen. De olika teknikerna med snabba uppvärmningar och avkylningar kan medföra att produkten redan då den lämnar fabriken har en del inbyggda materialfel, som kan påverka den framtida nedbrytningen. I slutet av kapitlet lämnas summariska beskrivningar för tillverkning av föremål av hårdplast.

Bearbetningen består huvudsakligen av tre steg: blandning av po-

lymer och olika komponenter, smältning och formning av materialet, samt stelning genom kylning. I blandningssteget (»kompondering«) blandas polymeren med tillsatser såsom fyllmedel, mjukgörare, stabilisatorer, antioxidanter, förstärkningsmedel, processhjälpmedel, färgämnen med mera. En råvarutillverkare tillverkar ofta själva compoundmaterialet som levereras till plastbearbetare/fabrikanter. Komponderingen utförs antingen i fast form eller i smälta. Så kallade torrtumlare används för fasta material, medan en extruder i form av två samgående skruvar som pressar ut plastmassan (dubbelskruvsextruder) används för blandning i smälta. En annan typ av blandningsutrustning är till exempel Banbury-blandare, där blandningsprocessen sker i en slutna kammare genom att två motroterande blad skapar höga skjuvhastigheter.

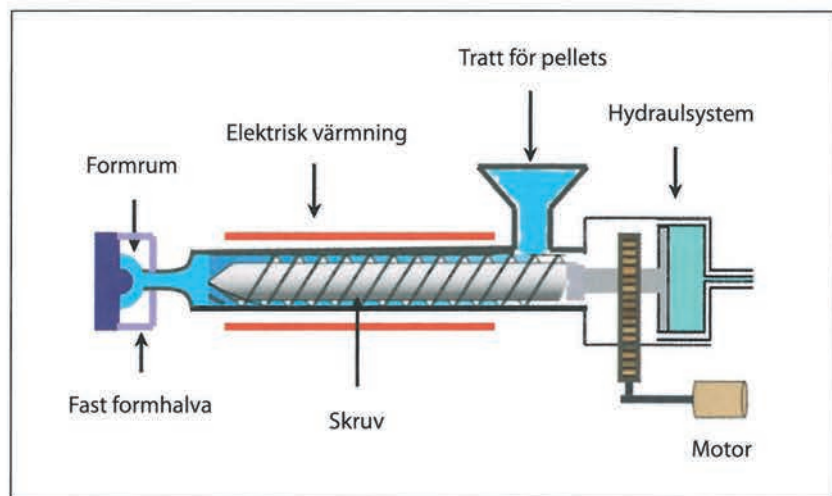
En produkts slutegenskaper är beroende inte bara av det valda materialet utan också i stor utsträckning av design och bearbetning. Optimal kvalitet och tillverkningsekonomi erhålls genom betingelser som är anpassade till råvara och konstruktion. Andra förutsättningar är rätt val av råvara, jämn råvarukvalitet och perfekt fungerande tillverkningsutrustning. Inhomogen smälta, felaktiga sammanflytningar, för hög skjuvning och för snabb kylning utgör de vanligaste felorsakerna som är direkt kopplade till bearbetningsprocessen. För att kunna bearbetas måste en termoplast värmas över glasomvandlingstemperaturen (gäller amorfa polymerer) eller över smältpunkten (gäller semikristallina polymerer). För att underlätta bearbetning vill man ha tillräckligt hög temperatur för att få låg viskositet i smältan, men temperaturen får inte vara så hög att materialet bryts ned termiskt. Även en ringa initial nedbrytning kan avsevärt förkorta livslängden hos föremålet. När en produkt har formats, måste den erhålla formen permanentas genom kylning till en temperatur under glasomvandlingstemperatur respektive kristallisationstemperatur. Önskemål om snabbast möjliga produktion kan ibland innebära för hög kylhastighet som kan orsaka orienteringseffekter, utvecklad kristallinitet och flytfrontspänningar (se nedan). Detta medför att den färdiga produkten får anisotropa egenskaper och begränsad formstabilitet.

I valet av den lämpligaste bearbetningsmetoden beaktas både tekniska och ekonomiska krav. Målet är oftast att välja en driftsäker

metod för att undvika problem i produktionen. Vid till exempel formsprutning används normalt välgjorda och hållbara verktyg. Verktygen är dyra i inköp, men vid produktion av långa serier och automation blir denna metod ändå den mest ekonomiska. De varierande bearbetningsmetoderna ställer olika krav på materialet. Polymermaterialets förmåga att formas är beroende av dess fysikaliska egenskaper, såsom glasomvandlings- och smälttemperatur, reologiska egenskaper, temperaturstabilitet med mera. Det är därför vanligt att en viss polymer finns i flera kvaliteter för olika bearbetningsmetoder. De vanligaste metoderna för termoplaster är formsprutning, extrudering, formblåsning, varmformning och kalandrering (valsning).

### Formsprutning

Den allra vanligaste metoden för att tillverka produkter av termoplaster är formsprutning. De flesta »styckdetaljer« såsom skålar, askar, lådor, höljen till datorer, elektronikdetaljer och TV-apparater, bildelar med mera tillverkas genom formsprutning. I stort sett alla termoplaster kan bearbetas genom formsprutning, men de vanligaste är PE, PP, PS, ABS, PC och PA. I formsprutan värms materialet och bearbetas till en homogen massa av en skruv som roterar i en cylinder och en form-låsningseenhet som låser formrummet (figur 9). Plastgranulat tillförs genom en påfyllningstratt och matas fram av skruven. Den homogena, smälta plastmassan sprutas in i en form genom skruvens kolv-



Figur 9. Principskiss av en formspruta.

rörelse. Formen är delbar och består av en fast halva och en halva som är monterad på ett rörligt formbord. Med hjälp av en hydraulcylinder förs formbordet fram och tillbaka. Storleken på formar som kan användas bestäms av låskraften hos hydraulcilindern. När formrummet är fyllt med plastsmälta, sker en snabb stelning med hjälp av vatten i inbyggda kylkanaler. Därefter delas formen och den stelnade detaljen trycks ut med hjälp av utstötningsspinnar som finns i den rörliga formhalvan. Formsprutning är en cyklisk process med en cykeltid som vanligtvis varierar mellan 10 sekunder och 10 minuter beroende på föremålets storlek.

Lämpliga bearbetningstemperaturer ligger inom ett område med relativt små viskositetsförändringar. I gränsområdet runt stelningstemperaturen ökar smältviskositeten kraftigt för varje grads temperatursänkning. Hänsyn måste också tas till oundvikliga värmeförluster vid formfyllningen. Oftast finns det önskemål om kortast möjliga cykeltid vid formsprutning, vilket kan åstadkommas genom att man ställer in formsprutans cylindervärme på lägsta möjliga värde. I sådana fall finns det risk att smältan inte hinner homogeniseras eller (i extrema fall) att osmälta granulat sprutas in i formrummet. Ett annat problem som kan uppstå hos plastformgods är felaktiga sammanflytningar. Sådana uppstår alltid när man har flera göt eller när smältan tvingas dela sig på grund av hinder. Det är då viktigt att smältans temperatur räcker till sammanflytningen. Det är viktigt att formen är konstruerad så att den luft som finns framför fronterna ska kunna evakueras innan sammanflytningen svetsas.

Formsprutning ger upphov till den mest sammansatta fördelningen av orienteringar jämfört med andra tillverkningsmetoder. Med orientering avses ett tillstånd där polymerkedjorna är ordnade i en eller flera huvudriktningar vilket ger en produkt med anisotropa egenskaper. Detta fenomen uppträder tydligare ju kortare cykeltid man försöker åstadkomma genom att göra insprutningen och kyla formverktyget så snabbt som möjligt samt hålla smältans temperatur så låg som möjligt. Resultatet blir att den smälta som kommer i kontakt med för kalla formväggar stelnar momentant, medan de inre partierna fortfarande är flytande. Detta ger en produkt som ytterst har ett mycket tunt skikt med en viss grad av orientering kallat »skinn«. Innanför detta finns ett tjockare skikt med den största graden av

orientering kallat skjuvzonen, och i mitten finns kärnan som har en liten orienteringsgrad. Den snabba stelningen av ytterskiktet innebär också att kristalliniteten inte hinner utvecklas, vilket kan leda till efterkristallisation och bildning av inre spänningar. Orientering har stor betydelse främst för mekaniska egenskaper. I längdriktningen är hållfastheten betydligt högre än i tvärriktningen, men brottöjningen är lägre. Produkten krymper också olika mycket i olika riktningar, vilket kan orsaka skevhet. Även värmeledningsförmåga, termisk utvidgning samt elektriska och optiska egenskaper påverkas.

### **Extrudering**

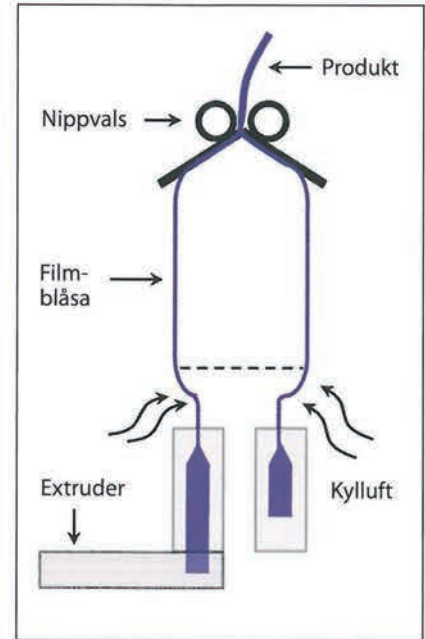
Extrudering är en teknik som används för framställning av ändlösa plastprodukter, såsom rör, profiler, lister, skenor, tättningsband med mera. En extruder (alternativt strängspruta) levererar plastsmältan kontinuerligt och pressar ut den genom ett munstycke med önskad form. Plastmaterialet i form av granulat tillförs genom en påfyllningstratt. Skruven transporterar materialet från tratten till munstycket under uppvärmning, dels utifrån genom cylinderväggen, dels genom inre friktion i materialet. I de flesta extruderingsprocesser är uppvärmning och temperaturkontroll uppdelad i tre eller flera cylinderzoner som styrs oberoende av varandra. Temperaturen ökas gradvis från inmatningszonen genom omvandlingszonen till utmatningszonen. På så sätt smälter materialet gradvis vilket minskar risken för överhettning, något som annars kan leda till nedbrytning av materialet. Den viktigaste delen är plasticeringsskruven och cylindern. Genom att man minskar skruvgängornas volym i matningsriktningen komprimeras materialet samtidigt som trycket ökar. Det plasticerade materialet homogeniseras och pressas först genom en filterskiva för att avlägsna fasta föroreningar och sedan genom ett munstycke med önskad profil.

För att formen på profilen ska behållas, kyls materialet som kommer ur munstycket omedelbart med luft och/eller vatten. Produkten kapas därefter till lämpliga längder eller rullas upp (till exempel slang, film) eller bearbetas vidare (till exempel genom filmbläsning). De orienteringseffekter som uppträder i axiell riktning är vid extrudering mycket mindre än vid formsprutning. Effekten varierar med munstyckets form, temperatur och material. Speciellt munstycket måste

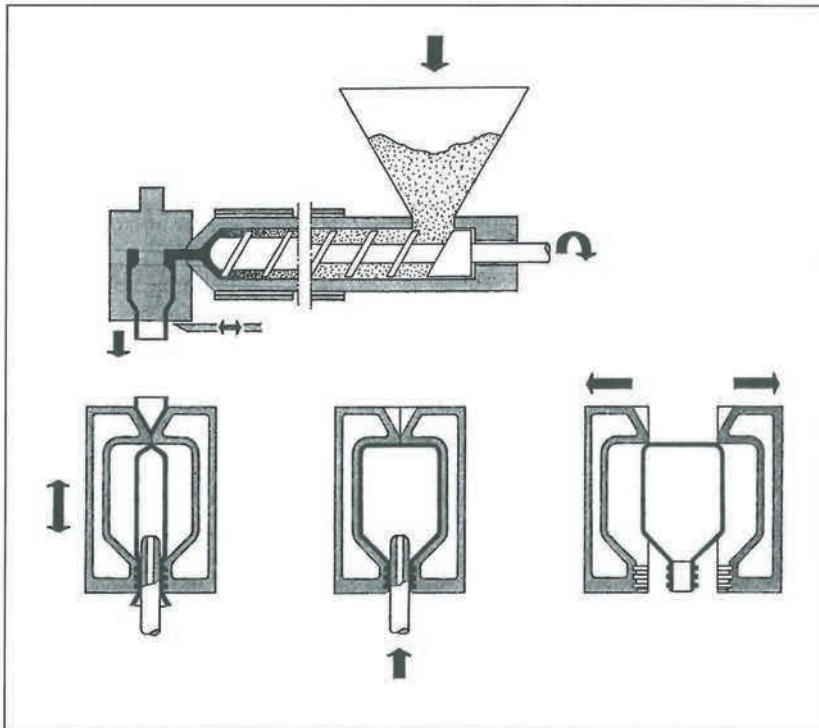
vara konstruerat så att plastsmältan kan flyta jämnt från en cylindrisk profil till den färdiga profilen. Ojämnt flöde skulle annars leda till en produkt med inbyggda lokala spänningar, vilka kan orsaka skevning vid kylning.

I många tillverkningsprocesser används extrudering som ett första steg i vilket plastsmältan tillverkas kontinuerligt och matas in i nästa steg, där formning av slutprodukten sker. Ett exempel på detta är *filmbläsning*, som används vid tillverkning av plastpåsar. I denna process förses en extruder med ett blåshuvud som har en ringformig spalt och en öppning för tryckluft i mitten (figur 10). Polymersmältan trycks ut genom spalten och blåses upp som en ballong med hjälp av tryckluften. Ballongen ökar kraftigt i diameter medan vägg tjockleken minskar, tills smältan stelnar på grund av luftkylningen. Tryckvalsar som är monterade ovanför munstycket klämmer ihop filmbläsan som kan skäras upp i ena kanten eller rullas upp som en film.

Ett annat exempel på denna teknik är *formblåsning* som används för tillverkning av ihåliga föremål som flaskor. Under munstycket



Figur 10. Filmbläsning.



Figur 11. Formblåsning.  
Ur Karlebo materiallära (1973).



på en extruder placeras ett ställ med öppningsbara formar (figur 11). Varmt material förs in i formen. När tillräckligt mycket material har förts in, sluter sig formhalvorna och en kniv skär av materialet, varefter formstället byter plats. Ett munstycke för tryckluft ansluts till toppen och med hjälp av tryckluften trycks materialet mot formens väggar. När materialet har kylts ned, utjämnas trycket, formen delas och produkten avlägsnas.

### Övriga tillverkningsmetoder

Vid *varmformning* används plastskivor eller folier som utgångsmaterial. Materialet placeras ovanför en evakuerbar form och värms upp genom strålningsvärme. När materialet har nått mjukningspunkten, sugts det ned i formen där det får stelna.

Vid *formpressning* placeras materialet mellan en fast och en rörlig formdel. Uppvärmning av materialet sker i formhalvorna, varefter formen stängs och materialet flyter ut och fyller formrummet.

*Rotationsgjutning* är en billig och enkel metod för framställning av stora hålkroppar som rör och flaskor. En uppvärmd form fylls med plastmaterial i pulverform och får rotera, medan materialet smälter och fördelar sig jämnt över formens väggar.

*Kalandrering* (valsning) är en kontinuerlig process för tillverkning av skivor, folier och film. En kalender består av flera roterande valsar som kan kylas eller värmas inifrån. Första valsparet matas kontinuerligt med en plastrensa från ett valsverk eller en strängspruta. Plastsmältan häftar mot valsarna och matas vidare. Den får en tjocklek som bestäms av avståndet mellan valsarna medan den svalnar. Metoden används också för beläggning av till exempel väv och papper.

### HÄRDPLASTER

Eftersom hårdplasterna inte kan smältas som termoplasterna, blir tillverkningsmetoderna besvärligare. Plastmassan blandas vanligen som ett tvåkomponentsystem innehållande nödvändiga tillsatser. Plaster som härdas med uv-ljus (till exempel dentalplast) förekommer dock som enkomponentsystem. Ofta behövs en eller flera katalysatorer för att underlätta polymeriseringen och bildningen av tvärbindingar. Om man exempelvis ska tillverka en toalettsits av karbamidplast, består den ursprungliga massan av en blandning av karbamid (urea) och

formaldehyd, samt en lämplig katalysator och eventuella tillsatser såsom färgämne (tidigare ofta kimrök) och en UV-stabilisator.

De vanligaste metoderna för tillverkning av hårdplastobjekt är formpressning och sprutpressning. Vid formpressning placeras pressmassan direkt i en förvärmad form, som är monterad i en hydraulisk press. Massan kan vara i form av pulver, gryn, tabletter, pellets eller deg. När formen sluts, fylls tomrummet med plastmassa som härdar under tryck (5–500 bar) och värme (100–200°C). Dessa värden beror naturligtvis på plasttypen. Pressmassor som avger gas under härdeningen, till exempel fenol- och aminopressmassor, kräver högre tryck. Sprutpressning används ofta för hårdplaster. Pressmassan placeras här i en särskild sprutcyliinder och pressas ut i formrummet. De krympningar som alltid förekommer vid dessa två metoder är mer likformiga vid sprutpressning, och metoden används därför framför allt för plastdetaljer med höga krav på måttnoggrannhet.

## 8. PLASTPRODUKTER

Vissa plaster lämpar sig bättre för en viss produkt än andra. Fabrikören måste definiera vilka egenskaper som erfordras vad beträffar produktens hållfasthet, slagseghet, beständighet mot kemikalier, termiska och elektriska egenskaper och vad beträffar möjlighet till infärgning, fyllmedelstillsatser och så vidare. Självfallet måste tillverkaren också specificera vilken beständighet som erfordras, vilka föremål som ska tillverkas, och vilken tillverkningsteknik man vill använda sig av: gjutning, formpressning, formsprutning, filmblåsning, extrudering, kalandrering och så vidare. Priset på den färdiga produkten är inte minst viktig. Som tidigare nämnts är tillsatserna vanligen dyrare än själva polymeren, och dessa bör således inte användas i onödan. Utifrån alla dessa önskemål rekommenderar plastbastillverkaren den plast som är lämpligast.

I tabell 2 listas ett urval produkter som tillverkats eller fortfarande tillverkas av de vanligaste plasterna. Här anges också det ungefärliga år då respektive plast introducerades i produktionen. Observera att året då plasten första gången framställdes eller patenterades kan ligga flera decennier tidigare. Det är helt klart att de billigaste plasterna (PE, PP, PS, PVC) i huvudsak används till enklare produkter som förpackningar, engångsbestick, muggar, askar och så vidare. De dyrare plasterna, såsom teflon, melamin, polysulfon, polykarbonat och polyimid, har av ekonomiska skäl betydligt snävare användningsområden. Produktslag och en ungefärlig datering kan många gånger underlätta identifieringen av ett plastföremål (jämför kapitel 10). Informationen i tabell 3 (se kapitel 10) har erhållits i samband med våra egna museiinventeringar samt från litteraturen, såsom Storm (1966), Bolin & Gustaver (1960), Karlebo Materiallära (1973), Mekanförbundet, Plaster – materialval och materialdata (1984), Quye & Williamson (1999), Edshammar (2002), Lindblad (2004) med flera.

En av de första plastfabrikerna i Sverige var Alfa i Sundbyberg, som tillverkade produkter av bakelit redan på 1920-talet. Något senare kom Perstorp igång med sin produktion. Men det var efter andra

världskriget som plast på allvar introducerades i vardagslivet. Under de första åren betraktades plast som ett undermåligt material, och man myntade begrepp som »skräp-plast« och »slit-och-släng-plast«. Men med tiden blev plastprodukterna hållbarare på grund av att man använde bättre stabilisatorer. Samtidigt tänkte man också på att tillverka snyggare produkter för hem och hushåll, fritid med mera. För finare bruksföremål användes framför allt melaminplast, medan enklare föremål gjordes av billig plast. De större plastfabrikerna i Sverige började snart att engagera duktiga formgivare. Några exempel lämnas här nedan.

Den anrika gamla porslinsfabriken Gustavsberg började tidigt tillverka finare plastföremål. De anlitade berömda formgivare såsom Stig Lindberg, Rut Beskow, Carl-Arne Breger, Peter Pien, Karin Björquist, Sven-Eric Juhlin, Tore Forsman med flera. Firman Plast-Teknik i Göteborg anlitade bland annat Forse Gnista och Kaj Franck. Svenska Metallverken/Skultuna med en lång erfarenhet av tillverkning av bruksföremål i metall slog sig också på plast, och som designers anställdes Kajsa och Nisse Strinning och Erik Fleming. För Perstorp arbetade Folke Arström och Arne Darnell, och för Husqvarna Borstfabrik Gino Colombini och Rolf Häggbom. Hammarplast hade, och har fortfarande, en mycket stor produktion av plastföremål. Bland deras formgivare märks Hubert Helmuth Schläger, Peter Dreyer, Odd Andersson och Huberth Nilsson. Den mest berömda designfirman var förmodligen Bernadotte & Bjørn (Sigvard Bernadotte och Acton Bjørn), som bland annat arbetade för Hammarplast, Skaraplast och den danska firman Rosti i Köpenhamn. Några av deras mest spridda och ansedda objekt är de så kallade Margretheskålarna från Rosti, tillverkade av mycket hållbar melaminplast. Många exempel presenteras i den intressanta boken av Thomas Lindblad (2004). Även för tekniska produkter lade man sig vinn om att få bra design på sina produkter. Ett exempel visas i figur 12.



Figur 12. Ericssontelefoner av modellen »Ericofon« från 1958/1959, tillverkade av hållbar ABS-plast (akrylnitril-butadienstyren) och formgivna av Gösta Thames. Nationalmuseum (Inv.nr NMK 121/1978). Foto: Nationalmuseum.

Tabell 2. Exempel på produkter tillverkade av de vanligaste plasterna.

PLASTTYP	PLAST	BÖRJADE ANVÄNDAS ÅR	EXEMPEL PÅ VANLIGA PRODUKTER
Termoplast	Polyeten, PE	1942	HDPE är hårdare och starkare än LDPE. Förpackningar, folie, påsar, flaskor, engångsbestick, bägare, rör, elkablar, askar, hinkar, lock, enklare hushållsartiklar men även »Tupperware«-artiklar, kabelisoleringar, plastdunkar, bensindunkar, behållare m.m.
Termoplast	Polypropen, PP	1956	Samma som PE samt kontorsdetaljer, bildetaljer, VVS-utrustning, knappar, borstar, rattar, resväskor, verktygslådor etc.
Termoplast	Polystyren, PS	ca 1930	Hushållsartiklar, engångsglas, förpackningar, bägare, leksaker, etuier, förvaringslådor, skedar, engångsbestick, verktygsskaft.
Termoplast	Polyvinylklorid, PVC	1935	Styv/hård PVC: rör, profiler, konstruktioner, dörrkarmar. Mjukgjord PVC: elkablar, golvmattor, leksaker (t.ex. Barbiedockor), vävplast, fibrer, skivor, slangar, engångshandskar, konstläder till skor och skärp, hård och mjuk »cellplast« till skor och leksaker, förpackningar m.m.
Termoplast	Polyamid, PA	1939	Textilfibrer (t.ex. nylon, perlon, celon), blyxtlås, kugghjul, hushållsartiklar, borstar, verktygsskaft, dörrhandtag, maskinkåpor, Kevlar (aromatisk polyamid) till skottsäkra västar.
Termoplast	Termoplastisk polyester	ca 1950	Polyetylentereftalat (PET) till återvinningsbara flaskor och textilfibrer (terylen, dacron, trevira); kugghjul, kåpor, bobiner, elkontakter, hushållsmaskiner m.m.
Termoplast	Teflon m.fl. varianter, PTFE	ca 1950	Beläggning i stekpannor/kastruller, kablar, mot korrosion i kemisk industri, lager, filter, gängtätningstape, elartiklar, diverse ytbeläggningar.
Termoplast	Polykarbonat, PC	1967	Fönster, kraftig belysningsarmatur, skyltar, duschkabiner, kåpor, flaskor, tallrikar, finare hushållsartiklar, optiska linser, skyddsglas, växthusglas, reläer, hårtorkar m.m.
Termoplast	Akrylater, PMMA	ca 1940	»Plexiglas«, fönster, belysningsarmatur, skyltar, kameralinser, billyktor, fiber-optik, tvättställ, limmer, lacker m.m.
Termoplast	Akrylnitrilbutadienstyren-plast, ABS	1948	Instrumentkåpor, telefoner, skivor, VVS-rör, leksaker, möbler, dammsugarmunstycken, karosser, båtskrov m.m.
Termoplast	Polysulfon, PSU	1960-talet	Elkontakter, rör för höga temperaturer och kemikalier, kaffekokare, diskmaskiner m.m.
Termoplast	Acetalplast (POM)	ca 1960	Kugghjul, pumphjul, bensinpumpar, handtag, fläktar, finmekaniska detaljer, glidlager.
Termoplast	Styrenbaserad plast (SAN)	1940-talet	Styrenakrylnitrilsampolymer. Hushållsartiklar, kylskåp, koppar, brickor m.m.
Härdplast	Fenoplaster, PF	1909	Svart eller brun bakelit: telefoner, WC-sitsar. Höljen till radioapparater, handtag, rattar, vred, laminat, knappar, strömbrytare, el-detaljer, lager, finare askar, rullar m.m.
Härdplast	Karbamidplaster, UF	1926	Strömbrytare, lamphållare, laminat, handtag, knappar, rattar, flasklock, kapsyler, burkar, köksartiklar, WC-sitsar.
Härdplast	Melamin, MF	ca 1940	Finare hushållsartiklar (skålar, muggar, skedar etc); laminat, el-artiklar, instrumentkåpor, höljen, konstföremål, handtag, rattar.

PLASTTYP	PLAST	BÖRJADE ANVÄNDAS ÅR	EXEMPEL PÅ VANLIGA PRODUKTER
Härdplast	Polyester (UP-typ)	1950	Båtskrov (ofta glasfiberarmerat), bildetaljer, vattentankar, skidor, störthjälm, rör, möbler, armatur, master, flaggstänger m.m.
Härdplast	Polyimid, PI	1955	Tillämpningar där en högtemperaturplast erfordras.
Härdplast	Epoxiplaster, EP	1947	Limmer, lacker, konstharts, laminat, ytbeläggningar, elektriska komponenter.
Elaster	BUNA (konstgummi)	ca 1915	Bildäck, packningar.
Elaster	Neopren	ca 1950	Slangar, packningar.
Elaster	Hypalon	1950-talet	Bildäck, slangar.
Elaster	Silikongummi	ca 1950	Packningar, tätningar, elartiklar.
Elaster	Viton	1950-talet	Packningar med mycket höga krav, vacuumtätningar.
Elast/elastomer	Polyuretan, PUR	ca 1950	Textilfibrer (Lycra, Spandex); »elastiska« textilier (baddräkter, stödstrumpor, underkläder, elastiska bindor o.d.); skosulor, kåpor, möbler, bilinredningar, madrasser, mattor, drivremmar, instrumentbrädor i bilar, sportartiklar, stoppningar, andra tillämpningar där en skumplast behövs. Oerhört många olika former existerar, från mjuka elaster till styva produkter.
Elaster	Termoplastiska elaster, TPE	1960-talet	Sampolymerer mellan t.ex. styren och butadien- eller butylgummi. Används till skor, bildetaljer, sportartiklar m.m.
	»Skumplast«	ca 1950	Många olika polymerer används. Polymeren, ofta PU, »skummas« med hjälp av någon gas. Används till madrasser, stoppningar, leksaksdjur, förpackningar.
Halvsyntetiska	Cellulosanitrat, CN	1860-talet	Textilfibrer (första »konstsilket«), hårprydnader, hattnålar, spännen, etuier, borstar, knappar, kammar, toalettartiklar (för att imitera sköldpadd), glasögonskalmar; fotografisk film, dockor (celluloid), skaft till bestick, juldekorationer.
Halvsyntetiska	Cellulosaacetat, CA	1890-talet	Konstsilke (»rayon«, »acetatsilke« m.fl.); »cellofan«, fotonegativfilm (»safety film«), hushållsartiklar, glasögon, leksaker, askar, bågare, toalettartiklar, servettringar.
Halvsyntetiska	Cellulosabutyrat, CB	ca 1900	Som ovan; även verktygsskaft, skyltar, pianotangenter.
Halvsyntetiska	»Vulkanfiber«	ca 1900	Cellulosa behandlad med zinkklorid. Används till resväskor, askar, mösskärmar.
Halvsyntetiska	»Ebonit«	ca 1900	Naturgummi (rågummi) med hög svavelhalt: används som hårdgummi, ofta efter tillsats av svart kimirök (sot).
Halvsyntetiska	»Skumgummi«	ca 1950	Naturgummi behandlad med gas. Jfr skumplast ovan.
Halvsyntetiska	Kaseinplaster (CF)	ca 1900	Galalit (m.fl. namn): knappar, ringar, enklare smycken, skohorn, knivskaft, muggar, korgar, hårprydnader.



## 9. ENKÄT TILL SVENSKA MUSEER

I början av projektet sändes en enkät ut till 51 svenska museer för att få en översikt av föremålens tillstånd och skadebild i olika museisamlingar. Vi önskade svar på följande frågor:

- Museisamlingens omfattning. Andelen plastföremål i samlingen.
- Ungefärlig tidsperiod då samlingens plastföremål tillverkats, samt eventuella skador på föremålen. Vanligaste föremål?
- Information rörande samlingarnas förvaringsbetingelser.
- Frågor rörande konserveringsbehov, samt museipersonalens allmänna kunskap om plastmaterial och deras nedbrytning.

Enkätblanketten skickades ut till 27 läns museer, 6 stadsmuseer, 4 konstmuseer, samt 14 andra statliga museer. Svar erhöles från merparten av de berörda museerna. Av de insända svaren härrör tre från konstmuseer och åtta från andra statliga museer, medan majoriteten kom från läns museer eller andra regionsmuseer. En sammanställning av enkätsvaren presenteras här nedan. Många svar var likartade, och dessa resultat redovisas först innan mer specifika samlingar behandlas.

Antalet plastföremål i museisamlingarna varierar från ett tiotal till flera miljoner (gäller samlingar av fotonegativ). I samtliga fall var mindre än 10 procent av föremålen utställda i museilokaler; övriga objekt förvaras i magasin. I allmänhet är cirka hälften av föremålen i samlingarna hushållsartiklar. Resten utgörs av kontorsföremål, leksaker och kläder/textilier i ungefär lika mängd, samt mer udda föremål såsom verktyg, instrument, maskiner och prydnadsföremål. De flesta plastobjekten i samlingarna är tillverkade efter 1945, bara ett fåtal före 1930. Objekt från senare delen av 1800-talet var ovanliga. Föremålens tillstånd är i allmänhet klassade som »ganska bra«, medan 3 procent anses vara allvarligt skadade. De plaster som uppvisar flest och allvarligast skador är olika slags skumplaster, cellulosaderivat, pvc, polyuretan och ebonit. De vanligaste skadorna är missfärgning, krackelering och sprickor. Mindre vanliga skador är kladdiga eller



pulverliknande utfällningar, bubblor i ytskiktet, oangenäm lukt, deformation, fragmentering, och skador orsakade av metall i kontakt med plast, exempelvis på glasögonskalmar, leksaker eller hushållsmaskiner.

Magasinens och montrarnas kvalitet varierar. Ungefär hälften av magasinerna är moderna och har god ventilation. Lokalerna är mörka med jämn och relativt låg temperatur, kontrollerad luftfuktighet, och dammskyddade hyllor. Objekten förvaras oftast på hyllor av bemålad plåt. De museer som anser sig ha dåliga magasinförhållanden är väl medvetna om bristerna, och bemödar sig om att förbättra miljön i magasinerna. Inget museum har någon konservator med specialistkunskap inom plastområdet; med enstaka undantag är kunskaperna om plast begränsade. Det är av flera skäl inte lätt för personalen att avgöra vilken plast ett visst föremål är tillverkat av. Till vägledning för museerna har därför enkla, ofta oförstörande tester sammanställts (kapitel 10).

Utöver denna sammanfattning kan tilläggas, att Malmö och Uppsala museer har samlingar bestående av flera miljoner fotonegativ i sina magasin. Dessa är helt moderna och utrustade för att kunna bevara de plastbaserade negativen så säkert som möjligt. Även Kungl. Biblioteket har ett stort antal fotonegativ och fotografier, många baserade på cellulosanitrat eller celluloaacetat. Merparten av dessa förvaras i frysboxar. Från 1960-talet är negativen baserade på hållbarare polyesterbas. Konstmuseerna har i huvudsak oanvända, väl bevarade föremål av hög klass, ofta med en känd formgivare och tillverkade av en beständig plast. Det museum som har ojämförligt flest plastföremål i sina samlingar är Nordiska museet med cirka 9 000 objekt. En stor del av dessa föremål förvaras i moderna magasin. Drygt 10 procent av föremålen uppvisar en eller flera skadetyper, och några procent är i så dåligt skick att de kommer att kasseras. Fler detaljuppgifter rörande detta museum och de åtta andra som vi besökt i samband med dokumentation och provtagning redovisas i kapitel 11.

## 10. IDENTIFIERING OCH ANALYS

Plast är en komplex produkt, som består av en polymer och ett flertal olika tillsatser (se kapitel 6). De olika tillsatserna komplicerar självfallet analysarbetet. Äldre föremål innehåller inte så många tillsatser, men själva polymeren kan ha brutits ned, vilket även detta försvårar de kemiska analyserna. Vanligtvis går det att identifiera polymeren och ibland även fyllmedel eller mjukgörare, om dessa förekommer i tillräckligt hög koncentration. Nyare plastobjekt kan innehålla upp till 20 olika tillsatser, men för sådana finns sällan tillverkarens produktinformation att tillgå.

Det finns många enkla tester som kan ge vägledning om vilken polymer plasten innehåller. Men testerna kan ge missvisande resultat, ifall plasten innehåller många tillsatser. Det finns även analysprogram för identifiering, men även i sådana fall blir resultaten osäkra. Här nedan presenteras några metoder och riktlinjer för identifiering av plaster. Metoderna beskrivs i följande fyra avsnitt: *Besiktning*, *Enkla kemiska tester*, *Uppvärmningsprov* och *Instrumentella analysmetoder*.

### BESIKTNING

Oförstörande tester är naturligtvis att eftersträva vid undersökning av museiföremål. Om man kan datera föremålet kan man utesluta många plaster. Designen medger också en uppskattning om när föremålet tillverkats. I många fall anges på föremålet vid vilken fabrik det är tillverkat. En erfaren antikvarie eller konservator kan i många fall datera ett föremål på tio år när. På så sätt kan man »ringa in« tänkbara plaster, vilket naturligtvis underlättar det fortsatta arbetet. Tabell 2 i kapitel 8 kan ge en viss vägledning. Om ett föremål exempelvis dateras till början av 1900-talet, finns det bara cellulosaderivat, galalit eller bakelit att välja mellan. Ju nyare föremålet är, desto fler alternativ är tänkbara. I vissa fall kan även tillsatserna (i den mån de kan analyseras) användas för att uppskatta föremålets ålder. Exempelvis används efter 1980 inte längre blysalter som stabilisator för PVC (emitterad saltsyra binds till bly som blyklorid), och blymönja och kadmiumgult

har förbjudits som färgämnen i plast. Även »modernare« tillsatser kan användas för datering. Det finns flera användbara litteraturkällor som ger bra underlag för att underlätta identifieringen av plast, till exempel Sparke (1993), Katz (1984), Cook & Slesson (1993), Clark (1997), Heuman (1999), Eriksson (1999), Shashoua & Christenssen (2002), Kitto (2004), Lindblad (2004) med flera.

Även föremålet i sig ger en viss vägledning. Enkla föremål som engångsbestick och förpackningsmaterial tillverkas självfallet av enkla och billiga plaster som PE, PP, PS eller PET, medan dyrare och betydligt hållbarare plaster som melamin, polykarbonat, teflon, polyimid med flera används för mer krävande applikationer. En lampkupa för utomhusbruk är sannolikt gjord av polykarbonat eller plexiglas. En icke-elastisk textilfiber kan bestå av akryl, polyester, polyvinyl eller polyamid (nylon). Glasklara produkter är troligen gjorda av polystyren, akrylat (»plexiglas«) eller polykarbonat. I tabell 2 anges vilka produkter som vanligen tillverkas av de olika plastsorterna. Genom att väga samman datering, produkt och design kan man ofta avgöra vilka plaster det *inte* kan vara.

Nyare föremål är ofta märkta med en *återvinningsymbol*: tre pilar som bildar en triangel, med en sifferkod inuti. Följande sifferkoder förekommer för närvarande: 1 = PET (polyetylen-tereftalat, en polyester); 2 = PE/HD (high-density polyethylene); 3 = PVC (polyvinylklorid); 4 = PE/LD (low-density polyethylene); 5 = PP (polypropen); 6 = PS (polystyren); och 7 = övriga plaster eller blandningar. Det bör påpekas, att redan på 1930-talet använde tyska fabriker egna koder för sina plastprodukter. I USA och England användes ibland patentnummer eller registreringsmärken, vilka kan ge vägledning om vilket plast det är fråga om (se Quye & Williamson 1999).

Plastens ytskikt och mekaniska egenskaper kan också underlätta identifieringen, även om tillsatserna (så som påpekats) påverkar resultatet av undersökningen. Det som anges här gäller således i huvudsak för rena polymerer. Ren polyeten (både LDPE och HDPE) samt polypropen (PP) är de enda polymerer som flyter i vatten (densitet < 1 g/cm<sup>3</sup>). PE, PP, PET och PUR (polyuretan) har relativt mjuka ytor (»tumnelstestet«) och kan böjas. Speciellt PE har en vaxartad, paraffinliknande yta. Teflon är hårdare men har även den en paraffinartad yta. Produkter av PVC innehåller nästan alltid höga halter av en

mjukgörare, vilket naturligtvis gör att föremålet är mjukt och kan böjas. Ren PVC är mycket hård, men används i denna form bland annat till avloppsrör. Ofärgad PS är glasklar, hård och spröd; den ger vid slag en »metallklang«. Melamin har en hård och glatt yta som påminner om porslinsglasyr. Denna plast är mycket hållbar. Cellulosaderivaten och kaseinplasterna har vanligtvis en hård yta. Kompakt polyamid är hård; fibrerna (nylon) är däremot böjliga och mycket starka. Nästan alla plaster är sega. Varning ges för »lukttester« (utan uppvärmning) – de ger ofta missvisande resultat, speciellt för flitigt använda bruksföremål. Slutligen kan eventuella skador hos föremålet ge tips om vad det är för plast. Det kan således vara värdefullt att ge akt på förekomst av sprickor, krackelering, bubblor, utfällningar, missfärgning etcetera. Skador på plast beskrivs framför allt i kapitlen 11 och 12.

Även föremålets färg kan ge viss vägledning. Äldre objekt av cellulosa-nitrat har praktiskt taget alltid en brun-beige färgton, som ska efterlikna sköldpaddsskal. Äldre kaseinplast (galalit) är vanligen vit eller brunfärgad, i det senare fallet återigen för att likna sköldpaddsskal, men enklare smycken, knappar, spännen etcetera av galalit kan vara färgade (figur 13). Bakelit är i sig en mörk produkt; föremålen är oftast svarta efter tillsats av kimrök för att erhålla en jämnare färg, som till



Figur 13. Ett blått halsband av kaseinplast (galalit). Nordiska museet (Inv. nr NM 263.005). Foto: Kerstin Jonsson.

exempel hos gamla telefoner (figur 2 i kapitel 5), strömbrytare etcetera. Brun färg förekommer också för bakelitprodukter, och var vanlig på äldre radioapparater. Produkter av polyeten är ofta ofärgade eller har en vit eller ljus pastellfärg. Vanliga färger för polystyren är glasklar, vit eller svart. Även akrylater («plexiglas») och PC (polykarbonat) är glasklara och hårda. PET-plast till flaskor är mjuk och ofärgad; terylenfibrerna däremot vanligen färgade.

### ENKLA KEMISKA TESTER

Det finns några relativt säkra tester som endast kräver små provmängder:

- Difenylamin löst i koncentrerad svavelsyra ger en intensivt mörkblå färg med cellulosanitrat.
- En upphettad koppartråd ger med PVC en grön färg i en bunsenlåga («Beilstein-testet»). Testet är positivt vid förekomst av klor, det vill säga det finns en liten risk att en tillsats innehållande klor (i en plast annan än PVC) ger ett positivt utslag och därmed en felaktig slutsats.
- Kaseinplast, som innehåller svavel, kan genom värmning och test med blyacetatlösning på ett filterpapper användas för att påvisa svavel genom att pappret färgas svart av blysvulfid.

Test på löslighet i syror, alkalier eller organiska lösningsmedel kan ge viss vägledning:

*Syror.* Praktiskt taget alla plaster utom nylon och cellulosaderivat tål *svaga* syror. Men i stort sett endast teflon, polyeten och polypropen tål *starka* syror, såsom koncentrerad svavelsyra eller salpetersyra. Teflon tål till och med fluorvätesyra.

*Alkalier.* Tåligen mot starka alkalier (till exempel natriumhydroxidlösning) är bland annat PE, PP, PS, akrylater och teflon.

*Organiska lösningsmedel.* För löslighet gäller regeln »lika löser lika«, det vill säga ett polärt lösningsmedel (elektrisk dipol) som aceton eller etanol löser företrädesvis polära polymerer som PVC, polyamid eller cellulosaderivat, medan opolära vätskor som bensen, toluen eller xylen löser »opolära« polymerer som PE, PP och framför allt PS. Det krävs dock kokande xylen för att lösa PE.

## UPPVÄRMNINGSPROV

Termoplaster och hårdplaster uppvisar olika egenskaper vid uppvärmning. (Elasterna kan vanligen identifieras genom sina gummi-liknande egenskaper.) Många plaster är inte helt amorfa utan har en viss kristallinitet, och följaktligen en någorlunda väldefinierad smältpunkt, som ger en viss vägledning vid identifiering. Låga »smältpunkter« (runt 100°C) har exempelvis PE, PP och PVC, medan PS och PA (polyamid) smälter först vid högre temperaturer. Termoplasterna mjuknar och smälter vid upphettning, medan hårdplasterna bildar en svartbrun, illaluktande massa. Genom enkla uppvärmningsprov kan man således avgöra vilken grupp en okänd plast tillhör. Minst skada på ett museiföremål åstadkommes genom att trycka en upphettad nål eller glasstav mot ytan. Ett avtryck antyder att det sannolikt är en termoplast.

En annan betydelsefull temperatur inom polymerteknologin är den så kallade glasomvandlingstemperaturen,  $T_g$ . Under denna temperatur är plasten spröd och glasartad, ovanför  $T_g$  är den mjukare och plastisk. Några värden på  $T_g$  för rena polymerer är följande: PE -20°C, PP +5°C, nylon (Nylon 66) +50°C, PVC +80°C, PS och akrylater cirka +100°C, samt PTFE +115°C.

### pH-test

I ett annat användbart test läggs en bit av plasten i ett provrör som värms med en bunsenbrännare. Med ett fuktat pH-papper kan de avgivna gasernas surhetsgrad bestämmas. PVC avger saltsyra och ger därför en sur reaktion. Detsamma gäller cellulosanitrat, cellulosaacetat med flera (tabell 3). Man kan slutligen med en bunsenlåga även försöka antända plasten, och observera om den är lättantändlig, om den smälter, brinner lätt, lågans färg, sotning, eventuell lukt med mera (tabell 3). Man måste emellertid vara medveten om att tillsatserna avsevärt kan påverka reaktionen, varför testresultaten inte är helt tillförlitliga. Vid alla uppvärmningsförsök bör man arbeta i drag-skåp – många av de bildade gaserna är ohälsosamma.

Tabell 3. Exempel på resultat av förbränningstest (avser rena polymerer utan tillsatser).

PLAST	ANTÄNDBARHET	LÅGA	pH-REAKTION	LUKT
Polyeten, PE	brinner bra, smälter och droppar	gul med blå bas	neutral	vaxljus
Polypropen, PP	brinner bra, smälter och droppar	gul med blå bas	neutral	vaxljus
Polystyren, PS	brinner bra	gul, sotflagor	neutral	lysgas
Polyester	antänds lätt, smälter	gul rykande låga	sur	hallonsylt
Polyvinylklorid, PVC	slocknar utanför lågan	gul med grön bas	mycket sur	frän lukt
Polyamid, PA	brinner med svårighet, smälter	blå med gul topp	basisk	bränt hår
Polyuretan, PU	brinner bra	gul med blå bas	sur	obehaglig
Polykarbonat, PC	svårantändligt, smälter, förkolnar	gul, rykande	neutral	fenol
Cellulosanitrat, CN	brinner häftigt	gul	mycket sur	illaluktande
Cellulosaacetat, CA	brinner bra	gul	sur	ättika
Cellulosabutyrat, CB	brinner bra	gul, gnistor, smälter	sur	härsket smör
Polyvinylacetat, PVA	brinner bra	gul, sotflagor, svart aska	sur	ättika
Kaseinplast	svårantändlig	gul	basisk	bränt hår
Fenolplaster	slocknar utanför bunsenlågan	gul	basisk	formalin
Karbamidplaster	slocknar utanför bunsenlågan	gul	basisk	formalin
Melamin	slocknar utanför bunsenlågan	blekgul	basisk	fisk
Akrylater	brinner bra	gul med blå bas	neutral	sötaktig
Epoxiplaster	brinner bra	orange, rykande	neutral	frän
PTFE (teflon)	brinner dåligt	förkolnar	sur	giftig rök!
ABS-plast	brinner bra	gul, rykande, sotar	neutral	illaluktande
Silikonplast	brinner bra	gulvit, vit aska	neutral	illaluktande

## INSTRUMENTELLA ANALYSMETODER

För en säker identifiering rekommenderas instrumentella metoder. Riksantikvarieämbetet förfogar över ett modernt svepelektronmikroskop modell LEO-1455VP med en LINK/EDS-enhet för mikroröntgenanalys (SEM/EDS; figur 14), inköpt för ett generöst anslag från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse. Med hjälp av SEM/EDS kan man påvisa de grundämnen som finns i materialet, med undantag för de fem grundämnen som har lägst atomvikt. Pulverliknande utfällningar kan också analyseras med svepelektronmikroskopet. Här lämnas några exempel på vad en SEM/EDS-analys kan ge. PVC kan ofta identifieras genom förekomsten av klor. Bly i PVC visar att plasten kan innehålla en (numera förbjuden) blyhaltig stabilisator, men kan även härröra från kalcium- och blystearater som är vanliga släppmedel. Andra tungmetaller kan härröra från katalysator, initiator eller pigment. Vanliga fyllmedel kan innehålla kalcium (i krita) eller kisel (i lera, sand, glas eller dylikt). Förekomst av brom i plasten antyder sannolikt ett flamskyddsmedel.

Det analysinstrument som använts mest i denna studie är Riksantikvarieämbetets infrarödspektrometer Perkin-Elmer ATR-FTIR »Spectrum One« (figur 15). Infraröd-spektroskopi är en utmärkt metod för snabb analys av fasta eller flytande organiska ämnen. Instrumentets provyta på »Spectrum One« är maximalt 1 mm<sup>2</sup>, och absorptionen av IR-ljuset mäts med provet fastsatt i en så kallad Golden Gate Bridge i ATR-mod (Attenuated Total Reflectance). Även prov av storleken 0,2 – 0,5 mm<sup>2</sup> ger vanligen ett användbart resultat. Absorptionen beror på molekylernas vibrationer (sträckningar och böjningar). Molekylernas funktionella grupper (till exempel karboxylsyra, aldehyd, ester, karboxylgrupp, uretanbindning, amin, amid, imid etcetera) absorberar IR-ljus vid specifika »vågtalet« (inverterade värdet av ljusets våglängd, här uttryckt i reciproka cm, det vill säga cm<sup>-1</sup>). Den *totala* absorptionen mäts med FTIR-teknik *samtidigt* för alla våglängder vid en rad olika inställningar av spektrometerns inbyggda Michelson-interferometer. Alla registrerade intensitetsdata omvandlas sedan till ett absorptionsspektrum med hjälp av en datoriserad Fourier-transform. Med utgångspunkt från detta spektrum och kännedom om olika funktionella gruppers vågtal, kan man ofta identifiera en sannolik ämnesgrupp. Emellertid är de funktionella



Figur 14. Svepelektronmikroskop LEO-1455VP med LINK-enhet för EDS-analys. Foto: Bengt Lundberg, RAÄ.

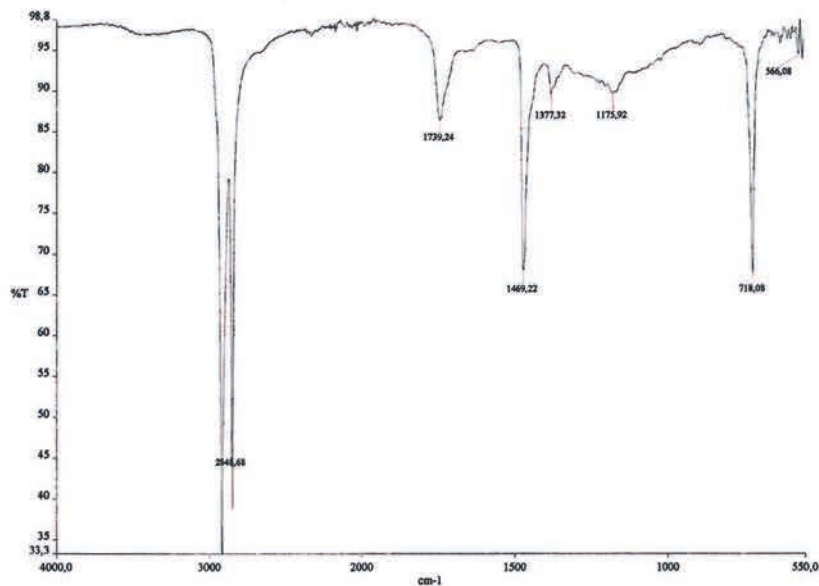
Figur 15. Infrarödspektrometer Perkin-Elmer FTIR »Spectrum One«. Foto: Anders G. Nord.



gruppernas vågtal inte exakta. För en säkrare analys jämförs alltid det erhållna spektrat med IR-spektra från Perkin-Elmers och vårt eget referensbibliotek. Projektet har dessutom köpt in en kommersiell databas från Sadtler Co., med IR-spektra för polymerer, plaster och ett antal plasttillsatser. Ett kalkylerat »träffsäkerhetsvärde« mellan 0 och 100 procent vid jämförelse mellan IR-spektrum för det okända ämnet och ett av dataprogrammet föreslaget likartat spektrum från någon av databaserna ger en uppfattning om säkerheten i analysen. Värdet bör vara minst 80–90 procent för en »godkänd« analys.

Med denna teknik kunde polymeren för 95 procent av våra undersökta plastföremål fastställas, men endast i undantagsfall kunde eventuella tillsatser påvisas (se nedan). Alla IR-spektra i undersökningen har lagrats i en referensdatabas. Ibland kan man via erhållet spektrum se, att polymeren brutits ned (se exempel nedan). Starkt nedbrutna och missfärgade ämnen är naturligtvis svåra att identifiera, eftersom motsvarande IR-spektra ej finns med i de kommersiellt tillgängliga referensbiblioteken. Förutom en strukturell förändring av själva polymeren kan tillsatser och färgskikt försvåra analyserna. Av denna anledning har 22 föremål (mot betalning) analyserats externt på Instituut Collectie Nederland (ICN) i Amsterdam. Här arbetar ett trettiotal kemister med stor erfarenhet av åldrade museiföremål. På så sätt har ytterligare viktig information tillförts vår IR-databas. Exempel på IR-spektra visas i figurerna 16–23.

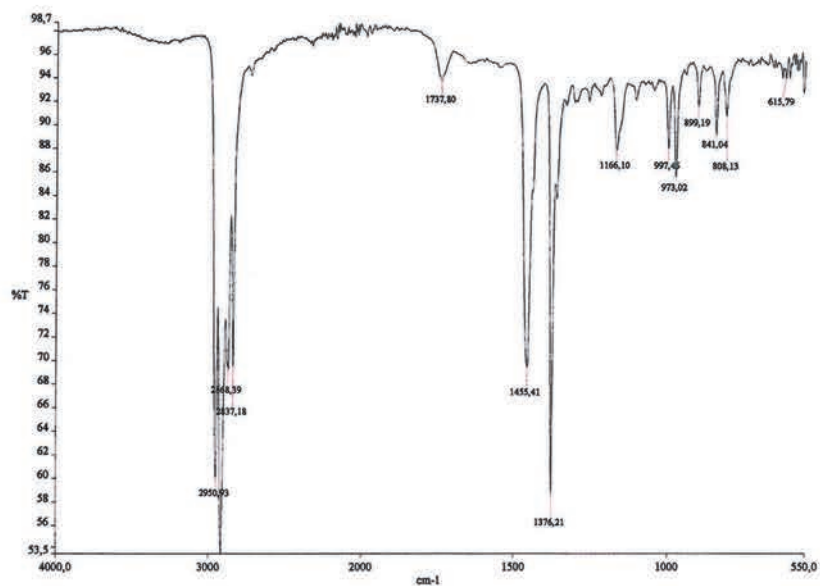
Som framgår av texten är FTIR en mycket snabb och bra analysmetod för identifiering av polymeren i ett plastföremål. Däremot är det svårt att med IR-spektroskopi påvisa några av de många tillsatser som kan finnas i plasten. Vanligen är deras koncentrationer för låga, och det finns risk för att absorptionstopparna överlappas av polymerens kraftiga toppar. Här visas, som undantag från ovanstående, två exempel där åtminstone en tillsats i varje plast förekommer i så hög halt att den tydligt syns i respektive IR-spektrum. I figur 24 visas några spektra för PVC. Som framgår av kurvorna innehåller vinylhandsken av mjukgjord PVC så mycket mjukgörare, i detta fall poly-diallylftalat, att man kan påvisa såväl polymer som additiv. Hård PVC (utan mjukgörare) har inte lika många toppar som de andra ämnena. Det andra exemplet visar ett IR-spektrum för leksak av nedbrutet gummi. Den har en hög halt av fyllmedel i form av krita (figur 25).



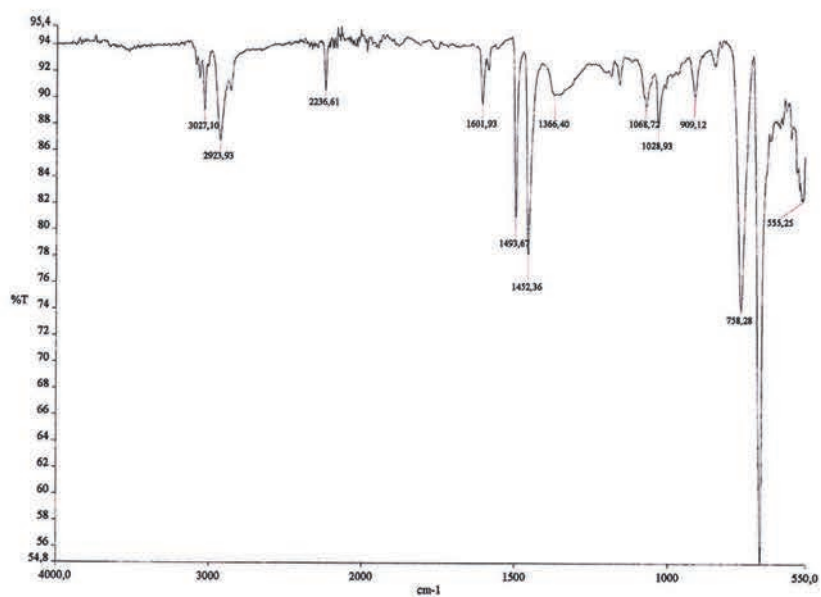
Figur 16. FTIR-spektra för en Tupperware-skål tillverkad av polyeten, här i form av HDPE. Den inverterade våglängden («vågtalet») anges i  $\text{cm}^{-1}$ . Den enkla polyetenstrukturen genererar bara ett fåtal toppar i absorptionsspektrum. Nordiska museet (Inv. nr NM 316.291; troligen 1970-tal). (Anm. Toppen vid  $1739 \text{ cm}^{-1}$  är mindre för LDPE-plast.)

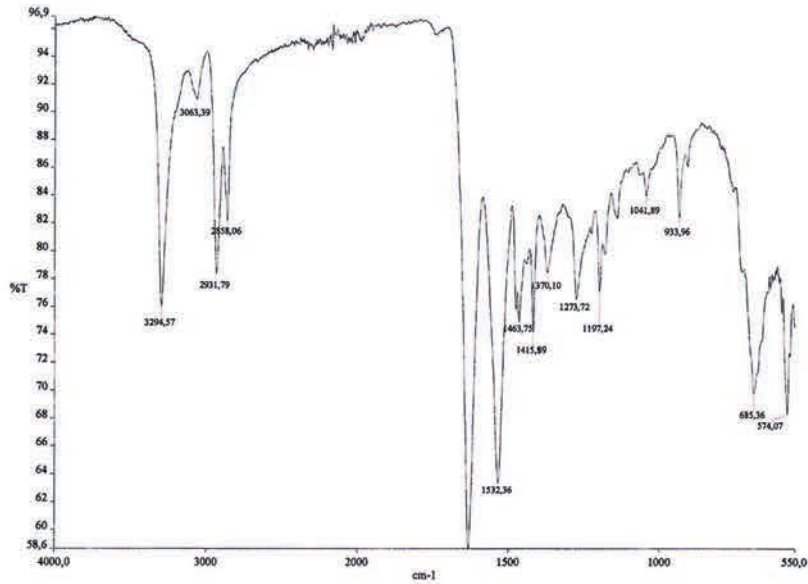
Andra analysinstrument som kan användas för identifiering av tillsatser är exempelvis en gaskromatograf kopplad till en masspektrometer (GC-MS), eller en pyrolys-GC med tillhörande MS. Med dessa analysinstrument kan även lättflyktiga tillsatser påvisas. Även kärnmagnetisk resonansspektroskopi (NMR) och Ramanspektroskopi är tänkbara för identifiering av polymerer och tillsatser. Termiska metoder som DSC, DTA eller TGA ger god information om polymerens glasomvandlingstemperatur, smältpunkt och eventuell termisk nedbrytning, och kan vara lämpliga komplement till en IR-analys.

Figur 17. IR-spektrum för en termosflaska av modell »June« av polypropen (PP), Nordiska museet (Inv. nr NM 324.690; cirka 1970).

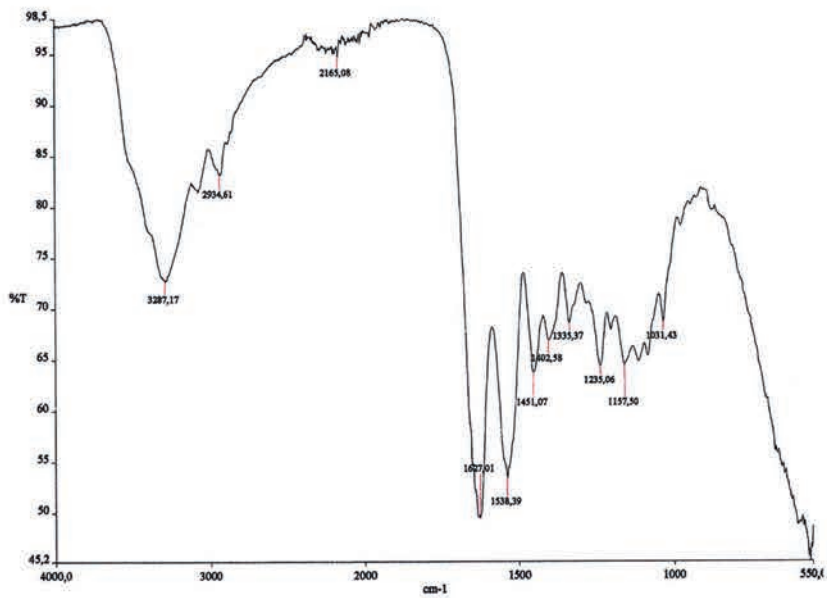


Figur 18. IR-spektrum för en tillbringare gjord av polystyren. Göteborgs Stadsmuseum (Inv. nr GM 36:522; cirka 1950).



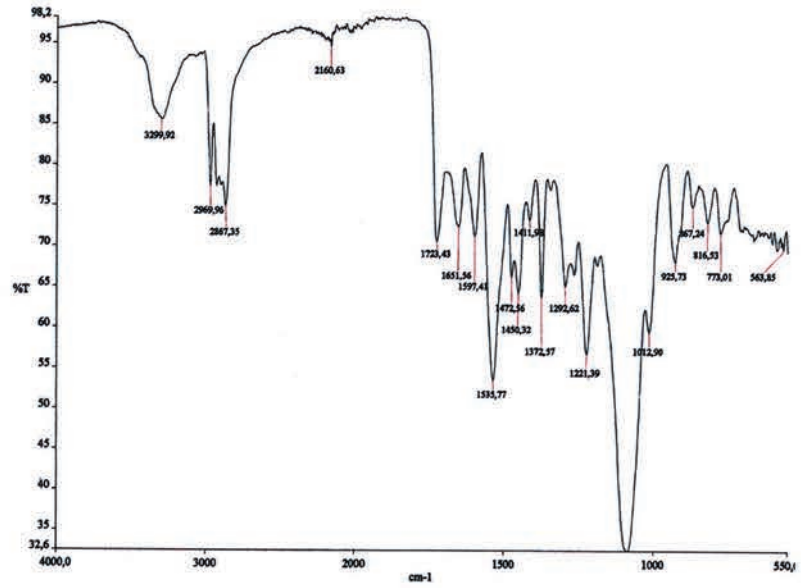


Figur 19. IR-spektrum för en polyamid (nylonstrumpa). Observera att amidbindningen – NH – (C=O) – är identisk med proteinernas så kallade peptidbindning. Detta gör att ett IR-spektrum för exempelvis galalit (kaseinplast) påminner om polyamidens spektrum.

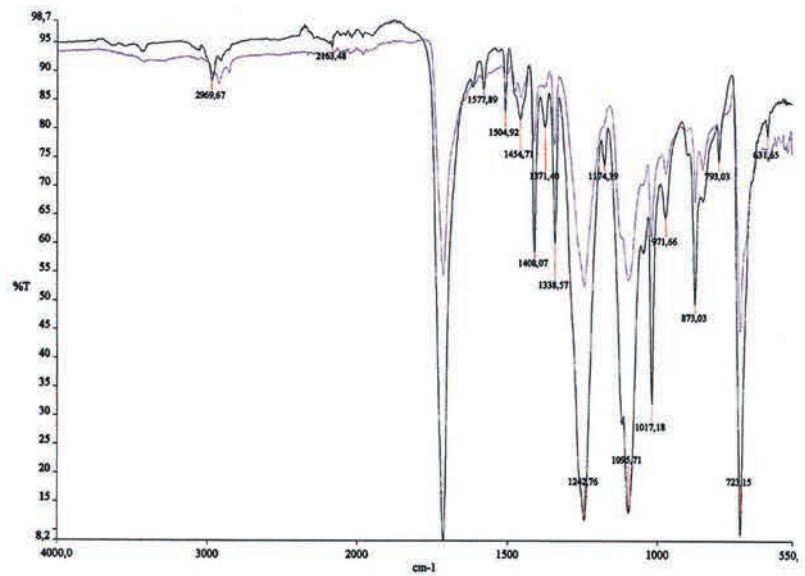


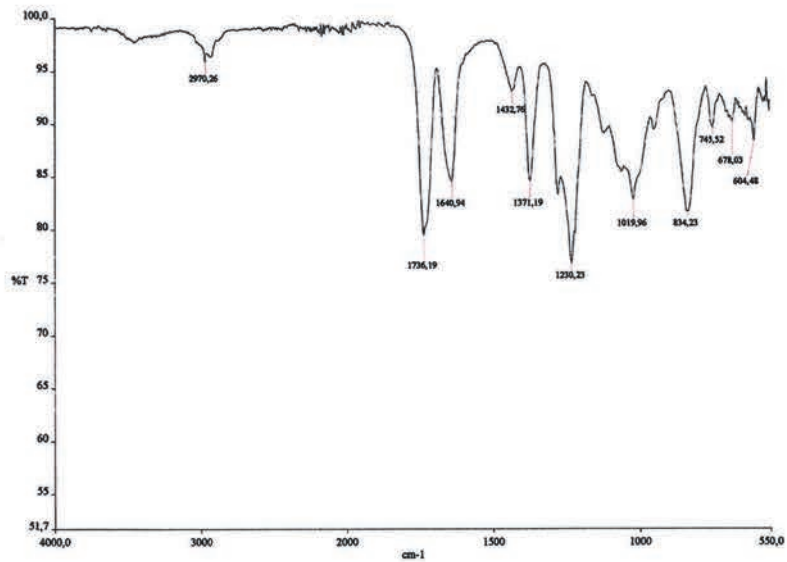
Figur 20. IR-spektra för vita paljetter tillverkade av kaseinplast. Nordiska museet (Inv. nr saknas; början av 1900-talet).

Figur 21. IR-spektrum för en skosula av polyuretan (fabrikat Scholl, 1960-tal).

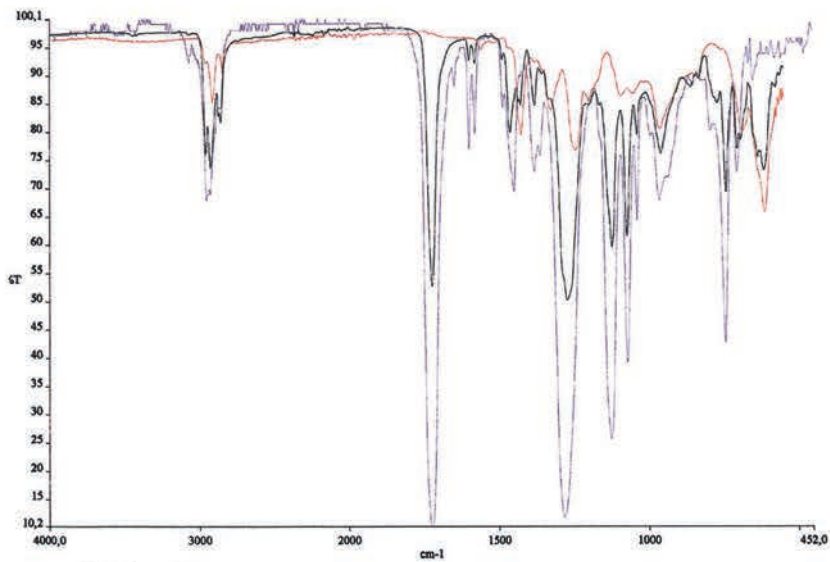


Figur 22. IR-spektra för två föremål av polyetylentereftalat, en polyesterplast: PET-flaska (svart kurva) respektive terylenbyxa (blå kurva).



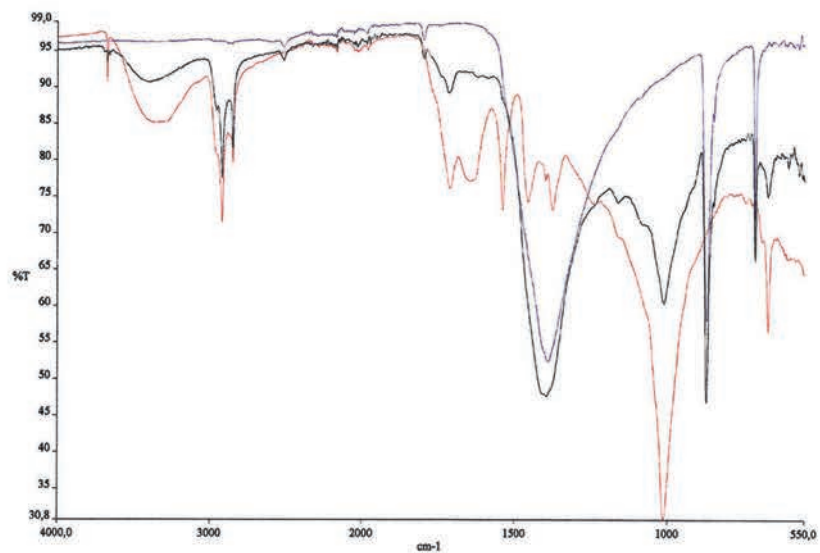


Figur 23. IR-spektrum för en prydnadskam i gott skick, tillverkad av cellulosanitrat. Nordiska museet (Inv. nr NM 41.897; 1890-talet).



Figur 24. IR-spektra för följande ämnen: Hård PVC utan mjukgörare (röd kurva), vinylhandske med mycket mjukgörare (svart kurva), och mjukgöraren poly-diallylftalat (blå kurva). Man ser att flera stora toppar har orsakats av mjukgöraren.

Figur 25. Leksak av nedbrutet gummi med krita som fyllmedel (svart kurva för IR-spektrum). Den stora toppen från kalciumkarbonat (blåa kurvan) syns mycket tydligt och döljer många toppar från själva polymeren. Den röda kurvan visar IR-spektrum för icke nedbrutet gummi.



## 11. SKADEINVENTERINGAR OCH SKADOR

Inventeringen har omfattat samlingar innehållande plastföremål på nio museer (tabell 4). Dessutom har vi i samband med plastseminarier och kurser, samt från egna och våra kollegors hushåll, insamlat ytterligare föremål. Totalt har 656 föremål analyserats med FTIR och i vissa fall även med SEM/EDS. Undersökningen har i huvudsak varit inriktad på all dagliga bruksföremål. *Hushållsartiklar* (skålar, muggar, engångsartiklar, bestick etcetera) var den största materialgruppen i museimagasinen. Andra större grupper av föremål utgörs av *klädesplagg och textilier* (olika slags kläder, skodon, stövlar, skärp, regnplagg, textilier), *kontorsmateriel, skumplast* i olika sammanhang, samt *toalettartiklar och enklare smycken*. Av stort intresse är föremål som innehåller både plast och metall, eftersom många metaller har visat sig katalysera nedbrytningen av plast. Detta gäller framför allt koppar, mässing och järn. Med tanke på detta har således hushållsmaskiner, verktyg, elkablar, radioapparater, leksaker, glasögon med mera undersökts. Slutligen kan nämnas att föremål från tre konstmuseer har tagits med i studien.

Varje utvalt föremål beskrevs vid inventeringarna kortfattat på en skadeblankett (se figur 26). Vanliga skador på de undersökta föremålen är sammanställda i tabell 5. En del plaster (polyimid med flera) representerades av så få föremål att de utesluts ur tabellen. Flest skador observerades på polyvinylklorid (PVC), polyuretan och cellulosaderivat. Allmänt förekom ofta smuts, märkningsskador, mekaniskt slitage och dylikt. Via inventarie-numren togs relevant dokumentation fram från respektive museums databas. För äldre föremål var informationen oftast knapphändig. Museernas antikvarier har i sådana fall kunnat bistå med kompletterande information. Föremålen fotograferades i flertalet fall med en digitalkamera. Figurerna 27–34 visar exempel på föremål med olika skador.



Figur 26. Skadeblankett använd vid inventering av plastföremål i museisamlingar.

### Skadeblankett för PLAST-föremål

**Samling:** .....

**Föremål:** ..... Inv.Nr. ....

Datering: ..... Andra material i objektet (metall, trä etc): .....

Prov för analys:..... ..

Märkning/tillverkare/varunamn: .....

Färg:..... Foto: ..... Anm:.....

**TILLSTÅND:** BRA SKAPLIGT DÅLIGT USELT URUSELT

#### SKADOR

##### Fysisk karaktärisering och skador:

Hård Styv Flexibel Mjuk/elastic Porös/svampig Spröd Fragmenterad

Sprickor Krackelering Bubblig yta Repor Bucklig Deformerad Nött

Materialförlust Avflagning

##### ”Kemiska” skador etc:

Missfärgad Blekt Gulnad Beläggning (.....) Lukt

Klibbig Oljig Droppar/vätska Gropbildning Korrosion av metall

##### Övrigt:

Biologisk påverkan Smuts Märkningsskada Annat:.....

##### ÖVRIGT:

(Datum, deltagande personal etc)

SAMLING (OCH MOTSVARANDE)	ANTAL	ANMÄRKNINGAR
Projektetdeltagarnas egna föremål m.m.	240	Mycket varierande bevarandegrad.
Från plastseminarier o.d.	46	Mycket varierande bevarandegrad.
Nordiska museet, Stockholm	143	Huvudsakligen använda föremål i den stora samlingen. Ofta synliga skador. Flera allvarligt skadade föremål har valts ut för analys.
Göteborgs Stadsmuseum	34	Huvudsakligen använda föremål i samlingen. Ofta synliga skador. Några allvarligt skadade föremål har valts ut för analys.
Stockholms Stadsmuseum	14	Huvudsakligen använda föremål i samlingen. Ofta synliga skador. Några allvarligt skadade föremål har valts ut för analys.
Kulturen i Lund	47	Huvudsakligen använda föremål i samlingen. Ofta synliga skador. Några allvarligt skadade föremål har valts ut för analys. Mycket är nedpackat efter flyttning till ett nytt magasin.
Nationalmuseum, Stockholm	25	I huvudsak välbevarade, oanvända föremål i samlingarna.
Armémuseum, Stockholm	22	Militära föremål, bl.a. efter den år 1952 nedskjutna DC-3:an.
Moderna Museet, Stockholm	68	Konstföremål med begränsade skador.
Rööhiska Museet, Göteborg	6	Mest välbevarade konstföremål.
Tekniska Museet, Stockholm	11	Instrument m.m.
<b>TOTALT</b>	<b>656</b>	

Tabell 4. Sammanställning av de 656 analyserade plastföremålen.

Tabell 5. Skador på plastföremål som observerats vid projektets magasinshöjningar.

PLASTTYP	PLAST	VANLIGA SKADOR	MINDRE VANLIGA SKADOR
Termoplast	Polyeten, PE	Gulnat, missfärgning, repor, klibbig yta	Sprött
Termoplast	Polypropen, PP		Sprickor, klibbig yta
Termoplast	Polystyren, PS		Missfärgat, gulnat, sprickor, sprött, krackelerat
Termoplast	Polyvinylklorid, PVC	Missfärgat, gulnat, sprickor, krackelerat, klibbig yta, styvnat	Utfällning på ytan, unken lukt, bucklor, »rynlig« eller »knottrig« yta, fragmenterat, orsakar korrosion på närliggande föremål
Termoplast	Polyamid, PA		Krackelerat, gulnat
Termoplast	Teflon, PTFE	(inga skador observerade)	
Termoplast	Akrylater		Sprickor, missfärgat
Termoplast	Polykarbonat, PC	(inga skador observerade)	
Termoplast	ABS-plast	(inga skador observerade)	
Härdplast	Fenoplaster		Missfärgat
Härdplast	Karbamidplaster		Missfärgat, sprickor
Härdplast	Melamin		Missfärgat i enstaka fall
Härdplast	Polyester		Sprickor
Härdplast	Epoxiplaster	(alltför få föremål undersökta)	
Elast	Viton	(inga skador observerade)	
Elast/elastomer	Polyuretan, PU	Missfärgning, materialet blir sprött och smulas sönder (speciellt skummad polyuretan)	
Halvsyntetiska	Cellulosanitrat, CN	Gulnat, sprickor, krackelerat, fragmenterat	Kladdig utfällning, äcklig lukt, bucklor, orsakar korrosion på föremål i närheten
Halvsyntetiska	Cellulosaacetat, CA	Sprickor, krackelerat, sprött	Vit utfällning, »skrynlig« yta
Halvsyntetiska	Cellulosabutyrat, CB	(alltför få föremål undersökta)	
Halvsyntetiska	»Vulkanfiber«	Sprickor, krackelerat	
Halvsyntetiska	»Ebonit«	Missfärgat, sprickor	
Halvsyntetiska	Kaseinplaster	Sprickor, sprött	Vit beläggning, missfärgat, bucklor, flammig yta



Figur 27. Borste från cirka 1900 av cellulosanitrat. Nordiska museet (Inv. nr NM 271.523). Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 28. Svarta galoscher av syntetiskt gummi från början av 1900-talet. Gummit har hårdnat, och i ytskiktet har bubblor bildats. Nordiska museet (Inv. nr NM 280.002). Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 29. Tandborstar av cellulosanitrat från 1950-talet. Borstarna är missfärgade, krackelerade och fragmenterade i små bitar, som har en synnerligen oangenäm lukt. Nordiska museet (Inv. nr NM 261.692). Foto: Kerstin Jonsson.



Figur 30. Krackelering och sprickor på knivskaft av polyamid, 1950-tal. Foto: Eva Christenssen, Riksantikvarieämbetet.



Figur 31. Scholl-sandaler från 1960. Överdelen är tillverkad av svartfärgad PVC, som hårdnat och spruckit på grund av förlust av mjukgörare. Sulan (ej synlig) är gjord av polyuretan, som även denna visar tecken på nedbrytning. Foto: Inga Ullén, Statens Historiska Museum.

Figur 32. Madrass av polyuretan med färgförändringar. Cirka 1970. Foto: Lisa Nilsson, Riksantikvarieämbetet.

Figur 33. Elkabel till TV-apparat »Grundig« från 1956. PVC och gummi med hög halt av krita som fyllmedel. Nordiska museet (Inv. nr NM 285.963). Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 34. Lock av polyeten med stora sprickor. Nordiska museet (Inv. nr NM 260.521). Foto: Kerstin Jonsson.



Vid besöken i museimagasinen undersöktes förhållanden som kan tänkas påverka bevarandet, och andelen skadade föremål uppskattades. Nordiska museets samlingar uppvisade den högsta skadefrekvensen. Mer än 10 procent av plastföremålen hade en eller flera skador, och omkring 3 procent var i så dåligt skick att de kommer att kasseraras. (Ett stort antal föremål hade för övrigt redan kasserats.) Den höga andelen skadade objekt beror sannolikt på att flertalet föremål varit använda under många år. Likartade förhållanden kunde noteras för samlingarna i Stockholms och Göteborgs stadsmuseer. Samlingarna i Nationalmuseum, Moderna Museet och Rööhska Museet hade en väsentligt lägre skadefrekvens, vilket antas bero på urvalet vid förvärv; om möjligt oanvända objekt med stort konstnärligt värde, till exempel tillverkade efter formgivning av en känd designer. Föremålen var dessutom vanligen gjorda av en dyrare och mer hållbar plast, till exempel melamin. Vad beträffar Kulturen i Lund och Armémuseum kunde någon uppskattning av skadebilden inte göras, på grund av att samlingarna vid våra besök höll på att flyttas till nya magasin, och bara en mindre del av plastföremålen var tillgängliga för undersökning. Av stort intresse vad beträffar Armémuseums material var tillvaratagna objekt från den år 1952 nedskjutna DC-3:an. Här fanns flera föremål av gummi, plexiglas och en sampolymer av eten, propen och styren. Samtliga dessa befanns vara i gott skick. Men förvaringsbetingelserna har varit goda på Östersjöns botten: mörkt, svalt och nästan syrefritt. Vattnet har tydligen inte haft någon inverkan.

#### MAGASINSSTUDIER UTFÖRDA VID ANDRA INSTITUTIONER

Flera magasininventeringar har genomförts av vår bortgångne kollega Lars-Uno Johansson och några medarbetare knutna till Riksantikvarieämbetet (Johansson & Holmberg 1990; Johansson 1994, 1998). Det framkom redan då att föremål av plast ofta uppvisade skador, såväl »hanteringsskador och slitage« som »åldringsskador och förvaringsskador«. Några utländska institutioner har genomfört liknande inventeringar av sina samlingar. Redan år 1990 publicerade Sharon Blank en uppsats med titeln »An introduction to plastics and rubbers in collections« i den ansedda tidskriften *Studies in Conservation* (Blank 1990). Hon beskriver några vanliga plaster och deras skador, och föreslår enkla regler för förvaring och konservering. Plasterna

bryts framför allt ned av värme, solljus och fukt. Sprickor och missfärgning är vanliga skador. Problem med cellulosaderivatens sönderfall diskuteras i hennes artikel. PVC kan avge saltsyra och mjukgörare. Polyuretan missfärgas och fragmenteras ofta vid åldring.

Ett symposium med titeln »Saving the twentieth century – the conservation of modern materials« anordnades i Ottawa år 1991 av David W. Grattan (föredragen publicerades 1993). Ett stort antal forskare bidrog med artiklar i olika ämnen. Några av dessa berör inventeringar av samlingar innehållande plastföremål, och de refereras kortfattat här. J. Michaels hade undersökt ljudmedier (grammofonskivor, kassetband med mera) i National Library of Canada. Plastprodukterna hade i många fall skador i form av sprickor, avflagnings, förlust av mjukgörare etcetera. Sylvie Mercil hade observerat skador på en mängd plastobjekt i Musée de la Civilisation i Québec. Speciellt leksaker och toalettartiklar undersöktes med hänsyn till skador. Susan Mossman vid Science Museum i London var mycket pessimistisk rörande föremål av cellulosaderivat. Hon skriver bland annat: »Current research into the degradation of earlier cellulose plastics appears to suggest that in 50 years time, few of these will remain.«

John Morgan (1994), Plastics Historical Society, har inventerat plastobjekt i 21 engelska museer och beskrivit skador, nedbrytning och förvaring. De vanligaste skadorna tycks vara sprickor, krackeleringar och missfärgningar. Cellulosaderivatet uppges ha de allvarligaste skadorna – ett stort antal föremål är i behov av omedelbara konserveringsåtgärder. Polyuretan åldras genom att missfärgas och smulas sönder. PVC-nedbrytningen tycks till stor del vara kopplad till förlust av mjukgörare: tidigare flexibla föremål som regnrockar och elkablar hade blivit klubbiga, styva och stelade. PVC-plast kan även brytas ned under avgivande av klorväte. Produkter av polystyren uppvisade i några fall sprickor. Brenda Keneghan (1994) vid Victoria and Albert Museum i London har inventerat plastsamlingen i Bethnal Green Museum. Hon uppger att cirka 12 procent av plastföremålen var skadade på något sätt, och att en fjärdedel av dessa kräver »urgent attention«. Aleth Lorne (1999) vid ICN i Amsterdam har studerat konst- och bruksföremål av akrylater (plexiglas med mera). Denna plast har klarat sig tämligen bra; de vanligaste skadorna tycks vara repor och skador efter etiketter och märkning.

Några studier rörande plaster har genomförts som examensarbeten på Konservatorsskolan i Göteborg. David Pettersson (1996) har undersökt 667 föremål i Nordiska museets samlingar, och en skadedokumentation genomfördes. Tyvärr gjordes endast ett fåtal FTIR-analyser. I övrigt har museets inventarieförteckning anlitats, vilket medfört en viss osäkerhet vid klassningen. Rapporten innehåller emellertid många bra idéer, samt beskriver egenskaper, vanliga skador och synonyma namn för olika plaster. Dessutom finns en utförlig litteraturförteckning. De plaster som tycks ha flest skador är cellulosaderivaten, som ibland brutits ned till oigenkännlighet. Vanligt förekommande, men mindre allvarliga, skador rapporteras för polyeten som ofta fått en klibbig yta. Lisa Nilsen (1999) har skrivit en examensuppsats med titeln »Polyuretan i museisamlingar – går skumplast att bevara?« Den inleds med en beskrivning av polymerens tillverkning, egenskaper och användning. Polyuretan används i stor utsträckning till skumfyllnad i olika produkter, samt som elastiska syntetfibrer i baddräkter, strumpor, underkläder med mera. Syre, fukt och värme anges som de faktorer som har störst inverkan på nedbrytningen, men även mikroorganismer kan påverka polyuretan. De vanligaste skadorna är missfärgning och »söndersmulning«. För att »rädda vad som räddas kan« föreslås behandling med parylen (jämför Grattan & Bilz 1991).

Thea van Oosten (2002) vid Instituut Collectie Nederland i Amsterdam har inventerat tre samlingar i Nederländerna. Hon konstaterar att skador kunde upptäckas på nästan alla slags plaster (»Nearly all types of plastics showed signs of degradation«). Föga förvånande var det störst problem med cellulosaderivaten som avgivit syror, vilka många gånger även orsakat skador på intilliggande föremål. Artikeln avslutas med några allmänna råd om förvaring.

Suzanne Kitto (2004) har undersökt äldre plastföremål i Royal Arms Collection i England. Omkring 500 objekt från 1870 och framåt innehöll komponenter av plast. Trots att de militära föremålen tillverkats för att tåla hårda påfrestningar, uppvisade de i många fall skador i form av klibbig yta, äcklig lukt, sprickor, missfärgning med mera. En produkt som klarat sig förvånansvärt bra var Kevlar, en aromatisk polyamid med mycket god hållfasthet. Den används bland annat till skottsäkra västar.



Slutligen har Yvonne Shashoua under flera år arbetat med nedbrytning av plastföremål i flera museer. Redan år 1996 presenterade hon en genomgång av skador på plastobjekt i British Museum (Shashoua 1996). Mer än hälften av föremålen behövde rengöras, cirka 12 procent krävde större insatser för att kunna bevaras, och 0,6 procent var i mycket dåligt skick. Hon är för närvarande anställd vid Nationalmuseets Bevaringsavdelning i Brede utanför Köpenhamn. Hennes genomgång av danska museisamlingar visade att 12 procent av plastföremålen behöver konserveringsåtgärder, och någon procent var i mycket dåligt skick (Shashoua 2005A; jämför även andra publikationer av Shashoua enligt litteraturförteckningen). En bok i Butterworths »Svarta serie« om plastkonservering med mera utkom sommaren 2008 (Shashoua 2008).

Det är tyvärr anmärkningsvärt få föredrag vid de regelbundet anordnade ICOM-konferenserna (session »Modern materials«) som behandlar dokumentation av samlingar innehållande plastföremål. Några av dessa föredrag har ägnats åt nedbrytning av konstföremål tillverkade av plast (se kapitel 16).

## 12. PLASTERS NEDBRYTNING OCH HÅLLBARHET

Omfattande litteraturstudier har visat att många faktorer påverkar nedbrytningen av plast. Faktorer som *kan* orsaka nedbrytning är temperatur (värme eller kyla), luftsyre och ozon, luftföroreningar, syror och alkalier, kemiska lösningsmedel, fukt (hydrolys), solljus och annan strålning, vissa metaller med katalytisk effekt, mekanisk påverkan och mikroorganismer. Även själva tillverkningsprocessen kan medföra att plastens hållbarhet försämras (kapitel 7). En sammanställning av skadliga faktorer för olika slags plaster presenteras i tabell 6. Observera att olika plaster påverkas mer eller mindre av de olika skadefaktorerna. Ett stort problem utgör naturligtvis de många olika tillsatserna (se till exempel tabell 1 i kapitel 6), vilka kan försvinna, förbrukas, förändras eller reagera med varandra, varvid de får andra, eventuellt oönskade, egenskaper. De äldsta plasterna (kaseinplast, bakelit, cellulosaderivat) har få eller inga tillsatser, och beständigheten bestäms då i huvudsak av själva polymeren. Men för moderna plaster påverkas bevarandegraden i hög grad av stabilisatorer, antioxidanter och UV-stabilisatorer. Många av dessa är substanser som »offras« för att bättre kunna bevara själva polymeren, på samma sätt som zink på en galvaniserad plåt skyddar järnet genom att först påverkas av omgivningen. Så länge stabilisatorerna finns kvar i tillräcklig mängd går nedbrytningen långsamt, men när de förbrukats eller av andra anledningar försvunnit accelererar nedbrytningen. (Kimrök är ett undantag – den förbrukas inte när den har tillsatts som UV-absorbator.) Polypropen och gummi är exempel på polymerer som måste stabiliseras om en någorlunda »normal« livslängd erfordras. PVC måste stabiliseras för att motverka nedbrytning på grund av emission av klorväte. Ett annat problem med mjukgjord PVC är att mjukgöraren försvinner med tiden, varvid föremålet blir styvt och spricker (figurerna 35 och 36). Fukt kan påverka en del plaster så att de hydrolyseras och på detta sätt bryts ned. Några plaster såsom polyuretan kan angripas av mikroorganismer.

Höga halter av fyllmedel försämrar den mekaniska hållfastheten och därmed i många fall även bevarandet. Metall i kontakt med plast,



Figur 35. Detalj av regnrocken i bilden till höger, med kristaller av mjukgöraren DOP (dioktylfthalat).

Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 36. Röd regnrock tillverkad år 1948 av PVC-plast. Nordiska museet (Inv. nr NM 283.022). Bland skadorna märks missfärgning, sprickor, bucklor, vita utfällningar och styvnad till följd av förlust av mjukgöraren.

Foto: Kerstin Jonsson.

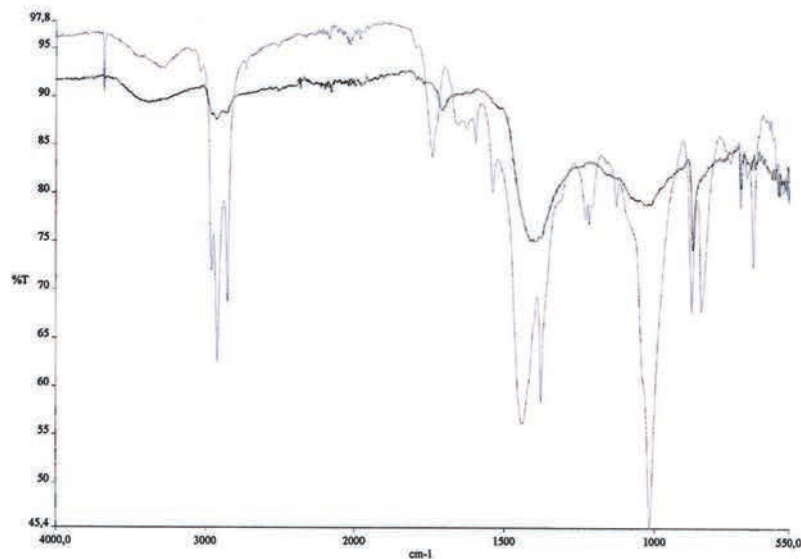


speciellt koppar och järn, katalyserar ofta nedbrytningen av polymeren. Som exempel kan tas ett par glasögon av cellulosaacetat, som har skalmarna fastsatta med gångjärn av mässing. Kopparn katalyserar nedbrytningen av cellulosaacetatet, som därvid avger ättiksyra, som i sin tur gör att gångjärnet korroderar. En grön »ärg« av kopparacetat bildas på metallytan. En skadlig metall kan även finnas inne i plasten, som beståndsdel i en katalysator eller pigment. Nedbrytningen påverkas då inifrån. Ibland tillsätts en så kallad metalldeaktivator för att förhindra detta. Övriga tillsatser som pigment, flamskyddsmedel, biocider med flera tycks ha mindre inverkan på nedbrytningen. Men florán av tillsatser ökar hela tiden, och problemen växer sannolikt i framtiden.

POLYMER	EXEMPEL PÅ SKADEFAKTORER
Polyeten, PE	UV, värme (termisk oxidation). Tål ej vistelse utomhus. God beständighet mot syror, alkalier och lösningsmedel.
Polypropen, PP	UV, ozon, värme (termisk oxidation, fotooxidation). God beständighet mot syror, alkalier och lösningsmedel. Måste alltid stabiliseras eftersom polymeren i sig är instabil och lätt påverkas av många faktorer.
Polystyren, PS	UV. Tämligen stabil polymer. Tål syror och alkalier.
Polyvinylklorid, PVC	UV, ljus, värme, mikroorganismer. Termisk oxidation. Måste alltid stabiliseras eftersom polymeren i sig är instabil och kan avge klorväte. Tål syror och alkalier.
Polyamid, PA	UV, termisk oxidation. Mycket känsligt för syror.
Teflon, PTFE	Oerhört stabil polymer.
Akrylater	God beständighet utomhus. Känsligt för syror och alkalier.
ABS-plast	Tämligen god beständighet inomhus (ej utomhus).
Termoplastisk polyester	Känsligt för termisk oxidation. Tål ej alkalier.
Polykarbonat, PC	Hög värme.
Fenolplaster (bakelit m.m.)	Mycket stabila vid användning inomhus.
Karbamidplaster	Stabila vid användning inomhus.
Melamin	Stabil polymer.
Polyester som härdplast	UV, fukt.
Epoxiplaster	Stabil polymer.
Polyuretan, PU/PUR	UV, värme, fukt, syre, ozon, mikroorganismer. Mycket olika beroende på typ av polyuretan. Skumplasterna är mest känsliga.
Cellulosanitrat, CN	UV, fukt, syre. Hållbarheten mycket beroende av tillverkningen. Bryts ned under avgivande av kväveoxid alt. salpetersyra.
Cellulosaacetat, CA	UV, fukt, syre. Bryts ned under avgivande av ättiksyra.
Kaseinplast	Förvånansvärt stabil polymer.
Gummi, konstgummi	UV, syre, ozon, luftföroreningar.
Silikoner	God beständighet mot värme, kyla, syre, ozon. Hydrolyseras av syror och alkalier.

Tabell 6. Skadefaktorer som *kan* orsaka nedbrytning av plast.

Figur 37. Exempel som visar hur IR-spektrum förändras vid nedbrytning av gummi. Nytt gummi i form av en gummisnodd har betydligt fler, större, och mer distinkta absorptionstoppar än spektrumet från en gammal pampusch från 1920-talet.



IR-spektroskopi är en utmärkt metod för identifiering av en polymer. Metoden kan med fördel även användas för att påvisa en förändring av ytskiktet, genom att man jämför IR-spektrum för den nedbrutna produkten med motsvarande för ny och ren polymer. I jämförelse med den rena, oförstörda polymeren ger den nedbrutna produkten otydligare och bredare absorptionstoppar i IR-spektrat. Ett exempel visas i figur 37 för gummi, som kan brytas ned på mindre än ett år.

Exempel på olika slags skador redovisades i tabell 5 (kapitel 11). För de äldsta plasterna (cellulosaderivat, kaseinplast, bakelit) har man nu god kännedom om bevarande och livslängd. Ett av »problembarnen« är cellulosanitrat (CN), som vid nedbrytning avger nitrosa gaser. Dessa bildar med fukt salpetersyra, som angriper de flesta föremål i närheten. Ett länge förbryllande problem rörande cellulosanitrats hållbarhet tycks nu vara löst. Frågan gällde de stora skillnaderna i bevarandegrad för föremål av CN. Ibland kan hundraåriga objekt vara tämligen opåverkade, medan andra objekt efter några decennier är helt fragmenterade. Det kan finnas flera orsaker till dessa skillnader i stabilitet. En orsak kan vara olämplig förvaring – föremålen kan ha legat förpackade i en tättslutande ask eller dylikt så att den bildade syran funnits kvar och orsakat fortsatt nedbrytning. Slarv vid tillverkningen

kan ge upphov till framtida problem. Det är mycket viktigt att syror (svavelsyra och salpetersyra) som använts vid tillverkningen sköljs bort ordentligt från den färdiga produkten, annars sker med tiden en autokatalytisk nedbrytning (Stewart 1997). Framför allt tycks kvarvarande svavelsyra i cellulosanitratet öka risken för en accelererande nedbrytning (Stewart *et al.* 1996). Antalet nitrogrupper i cellulosans glukosmolekyler spelar också en viss roll för nedbrytningshastigheten. Som jämförelse kan nämnas bomullskrut, som utgörs av högnitrerad cellulosa. I bomullskrut har samtliga tre tänkbara positioner i glukosmolekylen fått en nitrogrupp, vilket gör det mycket instabilt. Numera stabiliseras alltid detta krut med difenylamin, för att förhindra svåra olyckor i militära förråd. Halten kvarvarande difenylamin kontrolleras regelbundet genom kemisk analys (vanligen HPLC), och när det mesta av stabilisatorn har förbrukats måste krutet destrueras. CN med endast en nitrogrupp per glukosmolekyl torde vara avsevärt stabilare. Ytterligare en förklaring till att vissa föremål av CN klarat sig bra kan vara tillsats av krita (kalciumkarbonat) som fyllmedel, vilket buffrar den sura emissionen från plasten. En liknande undersökning av cellulosaacetatens hållbarhet har genomförts av Ballany (2000).

De andra »gamla« plasterna, bakelit och i viss mån även kaseinplast, är förvånansvärt stabila. Även bland nyare plaster finns några som tycks vara stabila: melamin, polykarbonat, teflon och ABS-plast uppvisar sällan några skador. Men för övriga plaster finns ofta stora problem rörande bevarandet, och de många tillsatserna i moderna plaster gör inte problemet lättare att hantera. Nedbrytningen kan ta olika lång tid, från någon månad till hundratals år. En seriös fabrikant bör, med undantag för engångsartiklar och dylikt, kunna garantera en hållbarhet på 20–30 år för sina produkter. En plast som ska användas till svåråtkomliga och svårkontrollerbara detaljer i till exempel byggnation och kablar måste självfallet hålla betydligt längre, 50–100 år. I figur 38 visas en stövel av konstgummi från Korea, inköpt år 2002. Efter endast fyra år var den fullständigt förstörd. De känsligaste plasterna kan efter en kort tid visa tecken på en begynnande nedbrytning. Det är därför viktigt att genomföra regelbundna inspektioner av plastobjekten i museimagasinen. Lättare missfärgning eller krackelering kan tyda på att en nedbrytning börjat äga rum.

Det är av många skäl mycket svårt att generellt uttala sig om en



Figur 38. Grön stövel från Korea, inköpt år 2002 av projektledaren. Skaftet är tillverkat i tre skikt av svåridentifierade konstgummin. Hela stöveln blev snart hård och styv, och stora bitar faller bort vid beröring.

Foto: Anders G. Nord.

beräknad livslängd för ett plastföremål. Undantagen utgörs av erkänt stabila plaster som melamin, bakelit, teflon och polykarbonat, såsom tidigare nämnts. För övriga plaster beror hållbarheten mycket på tillverkning, användning, förvaring och alla tillsatser, inte minst stabilisatorer och mjukgörare. Några forskare inom museivärlden har utfört tester med så kallad accelererad åldring. Ett tidigt försök med PVC har genomförts av Shashoua (1996). Stewart *et al.* (1996) har använt accelererad åldring för att studera nedbrytning av cellulosa-nitrat. Thea van Oosten & Aten (1996) genomförde sådana tester på Tupperwareprodukter av polyeten. De bedömde att objekt av fabrikat Tupperware tycks vara mycket hållbara, och en livslängd på 150 år i ett välhållt museimagasin anses fullt rimlig. För en plastpåse av polyeten, för vilken man inte kostat på någon dyrbar stabilisator, är livslängden kanske bara ett år.

En äldre sammanställning av plasters beständighet presenteras i den omfattande boken *Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi* (Doležel 1978), se tabell 7. Denna tabell är naturligtvis värdefull för projektet, eftersom Doležels sammanställning är baserad på föremål tillverkade före 1975. I Doležels bok finns även dåtidens vanligaste tillsatser angivna för olika polymerer, samt vanligare skador, kemisk och mekanisk beständighet, löslighet, påverkan av mikroorganismer med mera. Vid en jämförelse mellan tabell 5 (kapitel 7) och tabell 7 (nedan) konstateras likheter, men även olikheter. Det är anmärkningsvärt att den enda skada Doležel redovisar för polyuretan är att den gulnar, medan vi funnit denna plast vara ett »problembarn« som vid åldring i många fall smulas sönder och fragmenteras. Man måste dock beakta, att Doležels resultat är minst 30 år gamla. Olikheten mellan tabellerna belyser också den komplexa bevarandeproblematiken.

Här lämnas några exempel på nedbrytningsmekanismer. Plastens huvudbeståndsdel är en makro-molekyl (polymer). Om polymerens långa kedjor går sönder, blir plasten spröd. (I de fall tvärbindingar bildas, blir föremålet däremot styvt och hårt.) Kovalenta enkelbindningar ( $-C-H$ ,  $-C-C-$ ) anses ge stabilare polymerer än dubbelbindningar av typen  $-C=C-$  eller  $C=O$ , där energirikt UV-ljus, syre, ozon eller dylikt kan angripa. Polymerkedjorna kapas, och blir med tiden allt kortare. I början ger det inga märkbara effekter. Det är »hugget som stucket« om polymeren innehåller 10 000 eller 5 000 molekyler

POLYMERTYP	HÄRDIGHET	VISUELLA SKADOR
<b>Termoplaster</b>		
Mjuk polyeten (LDPE), ostab.	3	Glansförlust, ytsprickor (särskilt vid mekanisk belastning), missfärgning, lättsmutsat
Mjuk polyeten, stab.	1.5	Dito fast i mindre grad
Hård polyeten (HDPE), ostab.	3.0	Glansförlust, sprickor bildas lätt även utan mekanisk belastning
Hård polyeten, stab.	1.5	Dito fast i mindre grad
Polypropen (PP), ostab.	3	Färgen mörknar, sprickbildning, ytskiktet pulvreras, sönderfall
Polypropen, stab.	1.5	Dito fast i mindre grad
Polystyren (PS), ostab.	3	Gulnar, matt yta pga ytsprickor
Polystyren, stab.	2	Dito fast i mindre grad
Hård PVC, (polyvinylklorid) ostab.	2	Avger HCl, bruna eller vita fläckar som breder ut sig, ytsprickor
Hård PVC, stab.	1.5	Dito fast i mindre grad
Mjuk PVC, ostab.	3	Avgivande av HCl. Mjukgöraren försvinner, vid <5 % vitfärgning, vid <12 % fläckar som breder ut sig till svärtning, ytsprickor
Mjuk PVC, stab.	2	Dito fast i mindre grad
Polyamid (PA), ostab.	3	Missfärgning (mörknar), sprickor
PTFE, teflon	1	Inga skador
Polykarbonat (PC), ostab.	2	Missfärgning (mörknar), ytsprickor, matt yta
Akrylater		(ej med i sammanställningen)
<b>Härdplaster</b>		
Fenolplaster	1.5	Gulnar, svart/grå missfärgning, matt yta, fyllmedel friläggs
Melamin	1.5	Glansförlust, missfärgning, yterosion
Polyester	1.5	Glansförlust, ytsprickor, grumlig yta
Epoxiplaster	2	«Kritning» på ytan som skrupnar
<b>Elaster</b>		
Polyuretan (PU), ostab.	?	Gulnar
<b>Halvsyntetiska plaster</b>		
Cellulosanitrat (CN)	2.5	Gulnar, sprickbildning, klibbig yta
Cellulosaacetat (CA)	2.5	Ytan färgas vit/mjölaktig, glansförlust, ytsprickor
Cellulosaacetobutytrat (CAB)	2.5	Ytan färgas vit/mjölaktig, glansförlust, ytsprickor

Tabell 7. Polymerers hårdighet (bevarandegrad) i atmosfär enligt Doležel (1978). För flera polymerer redovisas resultat både för ostabiliserad (ostab.) och stabiliserad (stab.) polymer. Hårdigheten anges enligt följande skala: 1 = mycket god, 1.5 = god, 2 = medelgod, 2.5 = ringa, 3 = dålig.



(monomerer). Men vid fortsatt nedbrytning blir kedjorna allt kortare, och ger till slut tydligt märkbara och försämrade egenskaper. Det finns således en slags »inkubationstid« innan skador börjar uppträda.

Polyeten är en relativt stabil plast, med enbart kovalenta enkelbindningar. Strukturella fel som grenade kedjor och dylikt ger ändå angreppspunkter. Den bör stabiliseras om en livslängd på några decennier önskas. Den besläktade plasten polypropen (PP) med enbart enkelbindningar är betydligt känsligare; de tertiära (»utstående«) väteatomerna i kedjan påverkas lätt av syre eller solljus, vilket gör att ostabiliserad PP snabbt bryts ned. Man kan således förvänta sig allvarliga framtida problem med föremål tillverkade av PP, i dag en av de vanligaste plasterna. De tillsatta stabilisatorerna förbrukas med tiden, och därefter sker nedbrytningen snabbt.

De flesta polymerer bryts ned under påverkan av UV-ljus, syre, ozon, syror, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, fukt med mera. Syre och ozon angriper polymerkedjorna på de känsligaste ställena och orsakar en så kallad oxidativ nedbrytning. I kombination med värme talar man om termisk oxidativ nedbrytning eller termisk oxidation. Värme och fukt minskar hållbarheten, liksom vissa metaller med katalytisk nedbrytnings-effekt. Solljus (UV-ljus) är nästan alltid skadligt för polymerkedjorna, då dessa kan delas. Framför allt gummi och konstgummi är oerhört känsliga för det känsliga UV-ljuset, och produkter för utomhusbruk såsom bildäck måste alltid stabiliseras, oftast med kimrök, vilket ger däcken deras svarta färg. Dessutom »vulkaniseras« gummit med svavel. PVC är instabilt på så sätt att klorväte kan spjälkas av. En kombination av UV-påverkan och oxidation kallas på liknande sätt fotooxidation. PVC och cellulosaderivat kan vid nedbrytning avge syror, som påskyndar fortsatt nedbrytning, så kallad autokatalys. Detta kan i viss mån hejdas om föremålen förvaras i ett väl ventilerat utrymme. Mekanisk påverkan i form av slitage, mekanisk spänning, böjning, töjning etcetera kan göra plasten sprödare. Förvaring i kyla orsakar mekaniska spänningar och eventuellt sprickor, men medför fördelen att den kemiska nedbrytningen går relativt långsamt. Slutligen kan en del plaster såsom PVC och polyuretan påverkas av mikroorganismer. Även alla tillsatser kan ställa till med problem. Tillsatserna kan reagera med varandra, omvandlas, förbrukas eller på andra sätt försvinna ur materialet. Migrationen av mjukgörare i PVC mot ytan har

SYMPTOM	TROLIG ORSAK	KONTROLLMETOD
Minskad mekanisk hållfasthet	Kedjebrott; förändring av kristallinitet	Hållfasthetsmätning, mätning av hårdheten
Mjukare produkt	Kedjebrott	Draghållfasthet, hårdhet
Stelare/styvare produkt	Tvärbindningar bildas	Draghållfasthet, hårdhet
Sprickor, krackeleringar, skörare produkt	Ändring av densitet och tvärbindningar	Mikroskop, ljusspridning
Sämlre löslighet i tidigare användbara lösningsmedel	Tvärbindning, bildning av nya funktionella grupper	Lösningstest
Lägre pH-värde	Bildning av karboxyl- eller peroxidsyror	Mätning av pH, IR-spektroskopi
Gulfärgning	Bildning av nya föreningar, t.ex. polyener	Spektroskopi, UV-lampa

Tabell 8. Tabell efter Grattan (1978) som visar samband mellan symptom på nedbrytning och strukturella förändringar i polymerkedjorna.

tidigare diskuterats. Mjukgöraren kristalliserar på ytan som en vit utfällning. Stabilisatorer kan förbrukas och på så sätt förändra plastens egenskaper och hållbarhet. Vissa tillsatser kan gulna, till exempel den ofta använda antioxidanten Irganox. Även avsiktligt tillsatta pigment kan förändra färg eller blekna.

Förhoppningsvis kommer nya plastföremål att dokumenteras på ett utförligare sätt, med detaljerade produktblad som specificerar vilka tillsatser plasten innehåller. Detta kommer möjligen att underlätta bedömningen av föremålets livslängd och förväntade skador i framtiden. Grattan (1978) har försökt sammanställa symptom på nedbrytning i relation till strukturella förändringar i polymerkedjan orsakade av bland annat oxidation (tabell 8). Även Nilsen (1999) har diskuterat detta.

Som ett viktigt led i detta projekt har vi givit i uppdrag åt externa polymerkemister att ta fram speciella »faktablad« för några vanliga plaster, omfattande allmänna egenskaper, skadefaktorer, tillsatsernas inverkan på bevarandet med mera. Vi har därvid kontaktat Kungl. Tekniska Högskolan (KTH), Institutet för Fiber- och Polymerteknologi i Mölndal (IFP), Swerea KIMAB (före detta Korrosions- och Metallforskningsinstitutet i Stockholm) och Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås (före detta Statens Provningsanstalt, SP). Resultaten redovisas i Appendix 2.



## 13. STUDIEBESÖK

Ett av plastprojektets huvudsyften har varit att förvärva kunskap om konservering och förvaring av plastföremål. Det finns ett litet antal internationella institutioner som bedriver relevant forskning inom dessa områden, framför allt i Storbritannien, Nederländerna, Tyskland, Danmark och Kanada. Även i USA förekommer studier inom aktiv konservering av plastmaterial, bland annat på Getty Conservation Institute. Av stor vikt inom RAÄ:s projekt har varit att aktivt ta del av de olika forskningsprojekt som pågår, och att knyta kontakter inom de internationella nätverk som har byggts upp under de senaste åren. Av denna anledning har flera studieresor och deltagande i kurser genomförts under projektets gång. Några sammanfattande resultat redovisas här nedan.

### BESÖK VID VITRA DESIGN MUSEUM I WEIL AM RHEIN, TYSKLAND (2005)

Katherine Kessler, konservator på Vitra Design Museum – beläget i Weil am Rhein i södra Tyskland nära Basel – medverkar i »Axa Art Conservation Project for objects made with synthetics«. Hon har arrangerat flera symposier på olika teman om konservering av moderna material, och har fokuserat på 1900-talets möbler, där det ofta ingår moderna material i delar eller i sin helhet. En intressant vinkling med projektet är att ett av världens ledande konstförsäkringsbolag, Axa Art, är huvudsponsor.

2005 anordnades det andra symposiet om moderna material på Vitra Design Museum, i vilket Maria Franzon deltog. Man hade bjudit in såväl konsthistoriker, konservatorer, ingenjörer och konstnärer som representeranter för museiledningar och försäkringsbolag. Här diskuterades livligt samlande och bevarande av moderna konstverk ur ett flertal nytänkande aspekter. Det var även värdefullt att ledningen för Vitra Design Museum aktivt deltog i debatterna under symposiet. Sammanfattningsvis kan sägas att symposiet gav inspiration och förebilder i många etiska frågor rörande samlande och bevarande av modern konst, samt även ny kun-

skap inom material- och metodutvecklingen inom konserveringsfältet. Under symposiet presenterades pågående forsknings- och konserveringsprojekt av moderna syntetiska material. Främst berördes olika monumentala konstverk och arkitektoniska miljöer, det vill säga inte i så stor utsträckning rena bruksföremål, utöver några moderna möbler som tillverkats av syntetiska material. Flera spännande aktiva konserveringsmetoder presenterades. Tyvärr var dock detta en för liten konferens för att en publikation skulle ges ut, men några presentationer som kan nämnas var följande: Ett textilt projekt leddes av Thea van Oosten på ICN, där nedbrytning och stabilisering av polyesterfibrer studerades på en serie monumentala konstvävnader. Richard Adler från Österrike visade i sin föreläsning hur han arbetat med att återställa formen på en deformerad termoplast genom att använda infraröd värme. Ytterligare en spännande metod presenterades i ett studentprojekt, där man vidareutvecklat en tillämpning av industriell plasma-/corona-behandling av polymera ytskikt vid användning av olika adhesiv för att konsolidera syntetiska färger till underlaget. Genom att använda en mycket tunn och liten »plasma spatel« lyckades man lokalt och precist lösa färgflagor och modifiera ytegenskaperna genom att tillföra energi till ytskiktet, så att den temporärt fick bättre vätningssegenskaper och på så sätt en bättre vidhäftning och bindning till konsolideringsmedlet. Tekniken är vanlig i stor skala för industriellt bruk, men såg även mycket lovande ut i den mikroskala som krävs vid tillämpning inom konservering.

Utöver preventiv och aktiv konservering diskuterades under symposiet även andra intressanta frågeställningar. Främst var det ett föredrag med en konstnär som arbetat med installationer i polyuretanskum, både interiört och exteriört, som ställde många viktiga frågor kring hur konstnärer resonerar kring samlandet av modern konst. Denna tråd togs sedan upp av en representant från försäkringskoncernen Axa, sponsor för både Vitra Museums konserveringsprojekt och symposiet. När det gäller försäkringsfrågor och modern konst finns ju enorma ekonomiska intressen för försäkringsvärlden att ta hänsyn till. Kan man försäkra all modern konst? Vilka villkor ska ställas för hantering och förvaring av moderna material? Hur länge kan man försäkra ett modernt konstverk? Kan man uppskatta en »avräkningskurva« för olika material?

## STUDIEBESÖK I LONDON 2006 – VICTORIA AND ALBERT MUSEUM

Kerstin Jonsson, Katarina Lampel och Maria Franzon gjorde en studieresa till London i juli 2006, med fokus på konserveringsfrågor. Bland annat besöktes polymerkemisten Brenda Keneghan, Conservation scientist på Victoria and Albert Museum. v&a har stora samlingar av äldre och modernt konsthantverk och design, samt en omfattande konserverings- och analysverksamhet. Organisationen är uppbyggd kring olika materialsamlingar, där varje intendent är ansvarig. Plastmaterial ingår i samlingarna av textil, möbler, leksaker, industridesign med mera. Analysavdelningens arbete består av materialundersökningar och tekniska analyser av enskilda föremål, metodutveckling, utbildning rörande förebyggande konservering, samt klimatkontroll. Museet har ett klimatövervakningssystem kallat OCEAN (Object Centered Environmental Analysis Network). Cirka 800 dataloggar utrustade med radiosändare sänder kontinuerligt mätdata till ett datasystem. Alla mätdata finns tillgängliga on-line via museets intranät. Museet arbetar aktivt med skadedjurskontroll. Här finns 800 insektsfällor, som regelbundet kontrolleras. Textilkonservatorn går igenom statistiken tillsammans med skadedjursexperten David Pinniger. I de fall man har funnit ett angrepp, genomgår föremålet en »Thermolignum-behandling«, som innebär en uppvärmnings- och en nedkylningsprocess. Man använder också biocider. Två gånger per år gör man en större genomgång av magasinerna.

Under åren 2000–2002 genomförde Brenda Keneghan skadeinventeringar i några museisamlingar (Keneghan 2002). Hon fokuserade på särskilt »problematiska« plaster. Målet var att få en uppfattning om samlingarnas tillstånd samt att förutse framtida problem med nedbrytning. Resultaten visade att cirka 85 procent av föremålen var i relativt gott skick; endast 3 procent var starkt nedbrutna. Studien visade också att det är mycket svårt att dra några generella slutsatser om framtida nedbrytning. Mest nedbrutna var föremål av gummi, cellulosaderivat, polyuretan och pvc. Dessa måste separeras från övriga föremål. Den bästa preventiva åtgärden ansågs vara en kontinuerlig och regelbunden inspektion av samlingen.

Ett intressant projekt av Barbara Schertel på v&a behandlade konsolidering av nedbruten polyuretan och delaminerade polyuretan-

täckta textilier. Adhesiven Lascaux 360HV och 498HV framstod som bäst lämpade för ändamålet. Försök gjordes på två möbler med polyuretanklädsel. Resultatet var att metoden bara fungerade för det ena objektet, som hade ett fåtal små och lösa flagor. Det allvarligt flagande ytskiktet på det andra objektet (en stol) innebar ett alltför tidsödande arbete för att vara praktiskt genomförbart: en provyta på en kvadratdecimeter tog fem timmar att behandla. Konsolideringsmetoden måste dessutom betraktas som irreversibel, eftersom adhesiverna enbart löses i polära lösningsmedel, vilka inte kan användas på polyuretan. Ett annat projekt utfört av Silvia Valussi berörde syntetiska textila material: »Stretching the lifetime of a synthetic material: characterisation of modern elastane fibres.«

På v&a finns många plastföremål i *Museum of Childhood*. I denna samling av leksaker är polyuretanskum ett av museets stora problem. De föremål som kräver ett speciellt klimat förpackas separat. Man har provat att förpacka föremål syrefritt, men anser att förpackningarna tar för stort utrymme i magasinen. Flera »problematiske« plastföremål visades. En väska tillverkad av ett cellulosaderivat hade en vit utfällning på insidan. Beslaget av mässing var helt grönt av korrosionsprodukter. Textilmagasinet visades av intendent Suzanne Smith. Kläder, skor och accessoarer förvaras med hänsyn till designhistoria. Enligt Suzanne skulle det innebära stora praktiska svårigheter att plocka fram kläder inför ett forskarbesök, ifall de förvarades efter material. Cirka 400 föremål i magasinet är så unika, att de endast får hanteras i begränsad omfattning. De flesta plastmaterialen i textilmagasinet finns i museets samlingar av accessoarer.



Figur 39. Katarina Lampel och Kerstin Jonsson undersöker studiematerial i National Army Museums studierum. Foto: Maria Franzon.

#### STUDIEBESÖK I LONDON 2006 – NATIONAL ARMY MUSEUM OCH PLASTICS HISTORICAL SOCIETY

Ett besök gjordes också på National Army Museum. Vi fick en föreläsning om den brittiska arméns utrustningsutveckling och förevisades uniformer och annan militär utrustning. Därefter följde ett studiebesök i museets arkiv, och vi fick se studiesamlingar av olika plastföremål (figur 39). Även Plastics Historical Society besöktes. Sällskapet ordnar flera gånger om året kortare studiedagar med inriktning på plastobjekt på olika institutioner. För oss var det både underhållande och givande. Deltagarna diskuterade olika material-

analyser samt hantering och förvaring av material. Det var intressant att få träffa de äldre gentleman som gjort sitt livsverk inom plastindustrin, och dessutom diskutera med konservatorerna från Science Museum. Alla hade gedigen kunskap och erfarenhet. Vi blev även inbjudna att besöka sällskapets bibliotek. Sammanfattningsvis kan konstateras att studieresan var mycket givande. Vi fick flera nya kontaktpersoner, även på Science Museum och Museum of London.

### STUDIEBESÖK PÅ ICN I AMSTERDAM 2006

I december 2006 besökte projektets två kemister ICN-laboratoriet i Amsterdam. ICN står för »Instituut Collectie Nederland« och är ett centrallaboratorium för landets statliga museer. Här arbetar cirka 30 kemister med en förnämlig uppsättning analysinstrument. Under två dagar besökte vi Thea van Oosten, som har många års erfarenhet av plastanalyser och problem med nedbrytning av plast. Vi hade med oss ett stort antal »svåra« plastprover, som vi tillsammans analyserade i hennes laboratorium. I huvudsak utnyttjades en modern FTIR-apparat med hög upplösning. Vid sökning bland registrerade IR-spektra användes såväl fabrikantens referensdatabas som van Oostens eget IR-bibliotek. Det var intressant att hon arbetar på samma sätt som vårt projekt, med en egen databas som komplement till de kommersiella databaserna. Trots hennes stora erfarenhet och mycket omfattande IR-databaser kunde ändå bara omkring 80 procent av våra prover analyseras på ett tillfredsställande sätt.

Thea van Oosten har samlat ett stort antal plastföremål med olika skador. Här finns nedbrutna objekt av cellulosaderivat, PVC, gummi, polypropen med mera. En tapet av polypropen från 1960 var så nedbruten genom fotooxidation att den fragmenterades vid minsta beröring. Några andra exempel visas i figurerna 40 och 41. Thea van Oosten har arbetat under flera år på att få fram ett bra konsolideringsmedel för kraftigt nedbruten och fragmenterad polyuretan. Hon rekommenderade bland annat Impranil DLV, som dessvärre gulnar med tiden. Tinuvin B-75 rekommenderades som en bra antioxidant. Thea van Oosten hoppas kunna få fram ännu bättre medel som kan injiceras i det skadade föremålet. Försök med olika ytbehandlingsskydd utfördes också. Hon arbetar på en uppsats för den ansedda tidskriften *Studies in Conservation* om dessa undersökningar. En rundvandring



Figur 40. Sil av polypropen i Thea van Oostens samling på ICN. Själva silen är helt fragmenterad. Foto: Kate Tronner.



Figur 41. Flickhandväskor av cellulosacetat från 1950-talet i Thea van Oostens samling på ICN i Amsterdam. Väskorna luktar starkt av ättiksyra och uppvisar även skador som styvnad, missfärgning, krackelering med mera. Foto: Kate Tronner.



i ICN:s lokaler gjordes också. Alla slags museiföremål av olika material analyserades: pigment och bindemedel, papper, metall med mera. Bland annat försökte man finna metoder för att tolka nästan utplånad bläckskrift.

### STUDIEBESÖK HOS NATIONAL MUSEUM OF SCOTLAND (EDINBURGH) 2007

En studieresa till National Museum of Scotland företogs i mars 2007 av Kate Tronner, Kerstin Jonsson och Anders G. Nord. Under två dagar besöktes olika museer i eller utanför Edinburgh. Den första dagen togs vi emot av intendent Alan Mills i den gamla museibygnaden på Chamber Street i centrala Edinburgh. Mills ansvarar för »audiovisuella« apparater. Han förevisade ett magasin med radioapparater, TV-set, diktafoner, fonografer, grammofoner och ljudmedia, telefoner, elkablar med mera. Nedbrutna plastföremål hade tagits fram inför vårt besök. Plastdetaljer i apparaterna, liksom batterier, monteras normalt ur för att inte kunna skada övrigt material. Även kopiering av plastdetaljer förekom. Ebonit (hårdgummi) avger ofta svavel i form av nästan vita kristaller. En enkel åtgärd som Mills rekommenderade var tvättning och efterföljande vaxning. Besöket avslutades med en visning av tekniska instrument i museets permanenta utställning. En omfattande utställning, där föremålen trängdes i stora glasmontrar. Mills nämnde att magasinerna så småningom ska flyttas till en ny konserverings- och magasinisenhet i förorten Granton, varvid viss gallring blir nödvändig. Överblivna objekt kommer att erbjudas andra museer.

Vi besökte även maskin- och möbelkonserveringen i Granton. Enhetschefen Stuart McDonald tog emot oss. Hans kollega Chris Cockburn berättade om glädjen av att få restaurera gamla traktorer. Det fanns önskemål att få en traktor i kördugligt skick inför en lantbruksutställning. En mindre traktor med T-Fordmotor genomgick total renovering. Den hittades nyligen av en slump i ett gammalt skjul övervuxet med buskar och sly, någorlunda intakt. Sarah Gerrish arbetade med att försöka rädda målningen på släpvagnen; renoveringen är ett stort arbete som kommer att ta minst ett år.

Även vid The National Museum of Flight i East Fortune togs vi emot av Stuart McDonald. Museum of Flight är beläget på en före detta militärflygplats med skyddsrum och ett trettiotal hangarer



Figur 42. Gammal radioapparat på National Museum of Scotland vid Chamber Street, Edinburgh, Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 43. Flygplan med skadade plexiglasfönster. The National Museum of Flight. Foto: Kerstin Jonsson.

från andra världskriget. Det mest omfattande arbetet på museet är att så skonsamt som möjligt förvandla hangarerna till utställningshallar och mer ändamålsenliga magasin. En stor komplikation i arbetet är att byggnaderna är  $\kappa$ -märkta. Flygplan av alla slag, även civila, står uppställda för visning. En Concorde har konserverats, och passagerarutrymmet har skyddats med plexiglas eftersom besökare får gå ombord. Andra stora passagerarplan står utomhus i väntan på hangarplats. Plast introducerades tidigt inom flyget på grund av sin låga densitet. Plexiglas (akrylatplast) i fönster är också bättre än vanligt glas från säkerhetssynpunkt. Många detaljer i instrumentpanel och inredning består bland annat av epoxiplast, dessvärre ofta monterade intill metall eller andra material. Konservatorerna måste således kunna hantera alla nedbrytningsproblem som detta medför. Det fanns många exempel på sprickbildning, missfärgning, katalytisk nedbrytning och andra skador.

Tillbaka vid Chamber Street träffade vi polymerkemisten Anita Quye, som har mycket stor erfarenhet av polymera material (figur 44). I laboratorierna finns flera avancerade analysinstrument, bland annat SEM/EDS, FTIR, GC och XRF. Jim Tate förevisade deras röntgenutrustning. Olika analysmetoder diskuterades, liksom svårigheter



Figur 44. Anita Quye, Kate Tronner och Kerstin Jonsson i laboratoriet vid National Museum of Scotland, Chamber Street, Edinburgh. Foto: Anders G. Nord.



Figur 45. Helt eller delvis nedbrutna föremål av cellulosanitrat i kemilaboratoriet vid Chamber Street. Foto: Anders G. Nord.

att ibland uppnå tillfredställande analysresultat. Icke oväntat var det objekt av cellulosaderivat som uppvisade flest problem med förvaring och nedbrytning. Aktiv konservering förekom endast i begränsad omfattning. Arbetet med förebyggande åtgärder ansågs viktigare. Allvarligt skadade plastföremål med begränsat museivärde dokumenterades noggrant och kasserades därefter. Sammanfattningsvis var det ett mycket givande studiebesök, och vi fick många värdefulla kontakter inför fortsatt arbete.

#### SYMPOSIET »PLASTICS: LOOKING AT THE FUTURE & LEARNING FROM THE PAST«, LONDON 2007

Den 23–25 maj 2007 anordnades på Victoria and Albert Museum ett symposium med titeln »Plastics: Looking at the Future & Learning from the Past«. Från projektgruppen deltog Maria Franzon, Christina Tengné, Kerstin Jonsson och Karin Björling Olausson. Bland deltagarna fanns omkring 80 personer från museivärlden, men även konstnärer och representanter för bolag som försäkrar modern konst. Cirka 25 föredrag presenterades; dessutom ingick ett studiebesök på en nyöppnad utställning om plaster i Science Museum. Flertalet föredragshållare beskrev det institutionella arbetet med förebyggande konservering, analys, nedbrytningseffekter och symptom på begynnande nedbrytning, samt mätning av klimat och miljö under magasins- och utställningsförhållanden. Några korta sammandrag presenteras här.

Mary Coughlin och Ann Seeger från Smithsonian Institution (Washington) visade hur man kan placera ut indikatorer (cresol purple indicators) för att påvisa skadliga emissioner från plastmaterial. David Thickett från English Heritage talade om förebyggande konservering. Han ansvarar för engelska militäranläggningar vid Dovers kalkstensklippor, samt Royal Observers Corps Bunker i York som öppnades för allmänheten år 2006. Här finns många föremål av plast och gummi, och klimatförhållandena är ibland inte helt tillfredsställande. Annick Vuissoz från Haute Ecole des Arts Appliqués i Genève talade om en inventering av plastmaterial i International Museum of Time Pieces. Redan på 1800-talet omnämns plast i samband med ur. Tidigare var samtliga delar av metall, men har successivt kommit att bytas ut mot plast. Eftersom schweiziska armbandsur alltid haft en särskild status har detta aldrig omnämnts förrän på 1980-talet. Inven-

teringen förväntas identifiera de olika delarna och kartlägga nedbrytningsprocesser av polymererna. Ytterligare ett systematiseringsarbete ägde rum på Science Museum i London.

Cordelia Rogerson (International Contemporary Jewellery Collection vid Middlesborough Institute of Modern Art, MIMA) belyste problem inom modern smyckestillverkning. Problematiken gäller att bevara och dokumentera. Suzanne Smith från v&a talade om utmaningar vad beträffar moderna textilier. Konstnärer och designers arbetar med många nya material och tekniker. Textilsamlingen innehåller cirka 80 000 objekt av varierande tillverkning, format och material. v&a har en aktiv insamlingspolicy vad gäller ny design. Ett annat grepp inom identifiering och systematisering beskrevs av Lyndsay Morgan från Tate Gallery. Man hade år 2006 initierat ett projekt som innebar identifiering av polymera material genom provtagning från varje skulptur. Dessutom dokumenterades skulpturerna genom ett intrikat system av lasermätningar och fotogrammetri så att en 3-dimensionell bild erhöles, så detaljerad att man kan göra en replik utifrån bilden.

Fiona McAlister från The National Trust tog upp två exempel på arkitektritade hem från 1930-talet, med många möbler tillverkade av plast, bland annat från Bauhaus, Charles Eames, Bruno Mathsson och Arne Jacobsen. En möbel av William Plunkett från 1960 hade restaurerats under formgivarens egen översyn. Stoppningen av polyuretan och PVC hade brutits ned, och man hade valt att byta ut denna med hänsyn till form och brandsäkerhet. Stora konstverk av plast som stått utomhus har naturligtvis blivit mycket påverkade av väder och vind under många år. Tim Bechthold, Staatliches Museum i München, tog upp problem med en rymdskeppsliknande bostad kallad »Futuro«, formgiven 1968 av den finländske arkitekten Matti Suuronen. Ytermaterialet består av glasfiberarmerad polyester med en fyllning av polyester och polyuretanskum; fönstren är av plexiglas. »Futuro« har stått utomhus, vilket orsakat skador i form av en porös yta, stora blåsbildningar och alg tillväxt. Ett stort konstverk av plast finns i skulpturparken till Kröller-Müller Museum i Holland. Den är tillverkad i polyester av Marta Pan 1960–61 och kallas »Sculpture flottante Otterlo«. Den ser ut som en stiliserad svan och är placerad i en damm. Skulpturen väger cirka 600 kg. Korrosion av metall-

armeringen har orsakat förskjutningar och obalans i skulpturen och nedbrytningsskador i plasten. Friederike Waentig från Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft i Köln undervisar i konservering av moderna material. Hon beskrev bland annat renovering av en fiol av plexiglas, tillverkad av Walter Bauer 1934 vid Röhm & Haas fabriker i Darmstadt. Hon gav också ett exempel på utbytt polyuretanstoppning i en möbel av Oskar Hodosi från 1969.

Ytterligare några föredrag berörde nedbrytning av konstverk gjorda av plast, ibland tillsammans med andra material. En av föredrags-hållarna var konstnären Pamela Wells från England. Hon beskrev ett stort konstverk av hopsydda plastpåsar, som spändes upp utomhus så att ljuset lyste igenom och gav olika effekter. Wells förklarade att hon ville undvika beständighet. Hon såg plastpåsar som ett uttryck för konsumtionssamhället, tänkt att med tiden förstöras. Den andra konstnären var Emma Neuberg, också hon från England. Neuberg arbetade först med smidesjärn, just för korrosionsegenskapernas skull. Sedan började hon experimentera med polyester, pvc och cellulosaaacetat. Hennes nyfikenhet rörande materialens nedbrytning ledde till att hon blev antagen som doktorand vid Royal College of Art. När hon avslutat studierna år 2000, sammanfattade hon sitt konstnärskap i tesen att »förfallet är för mig ett centralt begrepp«.

Erin Leary från Cooper-Hewitt National Design Museum i New York talade om hälsoaspekter i samband med moderna plastmaterial. Som tidigare nämnts kan pvc avge klorväte, vilket konstaterats på många pvc-föremål och vinylmattor. Dessutom har flera mjukgörare tidigare använts i dessa plaster men numera förbjudits. Louise Cone vid Statens Museum for Kunst i Köpenhamn har arbetat med moderna konstverk, särskilt vad gäller polyuretanskum. Nedbrytningsproblematiken är den gängse: missfärgning, pulvrisering, styvhet, deformation och materialförlust. Hon efterlyste ett framtida konserveringsinstitut med fokus på experimentell materialvetenskap och med ett aktivt samarbete mellan konservatorer, kemister, konstnärer och industri. Som exempel på extremt snabb nedbrytning nämnde hon »Angel Figure 1« av Anita Jørgensen, en plastkonstruktion med polyuretan, metall och neonrör; ett konstverk som i princip är meningslöst att försöka konservera. Steve Akhurst från Plastics Historical Society tog i sitt föredrag upp förhållandet mellan design och

hållbarhet. Han påpekade att vissa plastprodukter genom tillverkningen blir mindre hållbara och därför ej bevaras, något som påpekats i kapitel 7 av denna rapport.

Slutligen kom synpunkter från några kemister. Yvonne Shashoua från konserveringsavdelningen vid Nationalmuseet i Danmark (Brede) konstaterade att nedbrytning av plast inte kan förhindras och att plast inte kan återskapas; förfallet kan endast fördröjas. Hon talade snarare om »hindrande konservering« än om förebyggande. Aktiv konservering är begränsad till att bibehålla föremålets betydelse, det vill säga limma ihop trasiga delar, rengöra ytor, fylla i hål eller stabilisera en försvagad konstruktion. Plast är mycket känsligt, speciellt i nedbrutet tillstånd. Som absorbatör för skadliga gasformiga ämnen rekommenderades filter av aktivt kol i kombination med Zeolite 4 A. I andra fall är syrefri förvaring ett bra alternativ (jämför kapitel 14). Shashoua tog upp ett exempel på ett modernt konstverk som efter fyra år var allvarligt nedbrutet. Även Susan Mossman från Science Museum rekommenderade en kolfilterduk i kombination med en korrosionshämmande inhibitor som ett gott skydd. Mossman poängterade att inhibitorerna måste kontrolleras så att de inte emitterar syror efter mättnad.

Det samlade intrycket från kongressen var att plast är förenat med stora bevarandeproblem. Plaster finns omkring oss som föremål i vardagen, i industrin, som konst och konsthantverk. Frågan är om det går att intressera plasttillverkarna för mer stabila material, eller om museipersonal som historiskt och etiskt ska hantera materialen kan arbeta annat än förebyggande.

### RESUMÉ FRÅN ETT STUDIEBESÖK I KANADA 2007

En studieresa till Kanada företogs i oktober 2007 av Kate Tronner och Anders G. Nord. Syftet var att besöka det välrenommerade cci-institutet (Canadian Conservation Institute) i Ottawa, och sex museer i Ottawa och Montreal, och att därvid presentera egna forskningsresultat genom tre PowerPoint-föredrag med följande titlar:

- 1) A »potpourri« of conservation science at the National Heritage Board of Sweden (deterioration of stone, archaeological material, metal, glass, wood etcetera).

- 2) A study of plastic museum objects (also including modern art plastic objects).
- 3) Pigments and colours.

På CCI hölls samtliga föredrag, på museerna endast föredrag enligt personalens önskemål. Konstmuseerna var av naturliga skäl mest intresserade av föredragen 2 och 3. Här nedan summeras kortfattat några intryck från resan. Dessutom nämns några viktiga kontaktpersoner för framtida samarbete.

### **CCI, Canadian Conservation Institute**

Institutet ligger i östra utkanten av huvudstaden Ottawa. Här arbetar cirka 20 »scientists« (kemister, några fysiker, en biolog med mera) och 20 konservatorer förutom den administrativa personalen. Vi visades på förmiddagen runt av chefen, Charles Costain, och eftermiddagen ägnades i huvudsak åt presentationerna. Nästa dag fick vi tillfälle att i mindre grupper diskutera speciella problem. Den mesta tiden ägnades åt problem rörande förvaring och nedbrytning av plast. CCI:s två plastexperter, David Grattan och Scott Williams, svarade villigt på alla frågor och demonstrerade CCI:s välutrustade laboratorier som har ett stort antal analysinstrument för organiska ämnen: GC-MS, pyrolysis-GC, HPLC, FTIR, Ramanspektrometer, XRD, XRF med mera. De har även en anläggning (från Union Carbide) för parylenbeläggning av delvis nedbrutna plast- och gummiföremål. Dimeren av parylen (dipara-xylylen), ett vitt pulver, förångas i vacuum (cirka 0,1 torr) och polymeriseras på ytan som ett 10–20 µm tjockt skikt. Enligt Grattan är metoden mycket bra för att undvika oxidering och påverkan av luftföroreningar; det är beklagligt att tekniken så sällan används. Grattan hade även genomfört många tester med AgeLess-påsar. Han ansåg att det är en mycket bra metod för att förvara mindre föremål av gummi och vissa plaster. (Självfallet får man aldrig i dessa påsar förvara plaster som avger syror eller andra skadliga ämnen.) Han visade bland annat en gummisko som legat i en tillsluten AgeLess-påse sedan 1991 och fortfarande inte uppvisade några skador. Torkmedlet och syreabsorbatorn hade aldrig bytts ut!

Vad gäller förvaring i museimagasin hade man flera avancerade lösningar. I museernas utställningslokaler används i Kanada ofta mont-

rar med kvävgas eller till och med argon för att undvika påverkan från syret i luften. Man var inte heller främmande för att förvara museala plastföremål i frysexboxar. Scott framhöll att termisk oxidation är det största hotet mot plast. Som exempel på mycket stabila plaster, som dock bör förvaras svalt vid cirka 50°C, framhölls (liksom även vi funnit) bakelit, teflon, melamin och polykarbonat, men Scott tillade dessutom att han sällan sett skador på polystyren eller akrylater. Tester med accelererande åldring hade provats, men resultaten ansågs inte helt pålitliga. cci:s kemister var tveksamma till möjligheten att »bättra på« nedbrutna plastföremål genom att spruta in någon återställande kemikalie. Försök att injicera mjukgöraren DOP (dioktylfthalat) i åldrad (hårdnad) PVC blev inte lyckade. Liknande experiment med andra plaster föll inte heller så väl ut. »Very little can be done«, var deras lakoniska slutkommentar.

Jane Sirois demonstrerade cci:s röntgenlaboratorium. Här finns en helt ny XRD-apparat för röntgendiffraktion på kristallina pulverprover (instrument: D8 Discover). Hon använde vanligtvis Co-röntgenstrålning med ett Fe-filter, samt en elektronisk detektor. Provmängden var av storleksordningen 1 mg. Alla inställningar fjärrstyrdes via ett tangentbord, för att minimera personskador från röntgenstrålningen. Efter upptagning av diffraktionsdata gjordes en snabb sökning i instrumentets databas. Man hade även röntgenfluorescensspektrometrar (fasta och portabla) samt ett nytt SEM/EDS av fabrikatet Hitachi med en extra stor provkammare. Andra problem som diskuterades på cci var utformning av magasin, problem med ren luft och en bra museimiljö, analys av pigment och bindemedel, korrosion på metaller med mera.

### **Museum of Archaeology i Montreal**

Staden Montreal grundades av fransmännen år 1642, och museet är byggt på resterna av ett hus från den tiden (med murrester kvar i museets källare). Arkeologiska fynd i Kanada från tiden före 1500-talet är naturligtvis ytterst fåtaliga, men museipersonalen berättade att indianerna kände till gedigen (metallisk) koppar (»native copper«) som de använde.



### **Museum of Fine Arts (Musée des Beaux Arts de Montréal)**

Här diskuterades framför allt problem rörande analys av åldrade pigment och bindemedel. Vi fick även en guidad tur genom samlingarna. Här finns många moderna konstverk som är tillverkade av naturligt eller syntetiskt gummi, polyuretan, silikongummi, polyester med mera. Våra kontaktpersoner var Serge Collin, Rosalind Pepall och Richard Gagnier.

### **Montreal Museum of Contemporary Art**

Vår kontaktperson var Marie-Noël Challan-Belval, som efter våra föredrag visade oss de fina samlingarna av modern konst. Ett helt rum hade ägnats åt en installation med en mängd plastföremål, kallad »Jumbo Spoon and Big Cake«. Den var utförd av konstnären Thomas Hirschhorn. I magasinen finns många konstverk av material som börjar brytas ned: gummi och syntetiska gummiprodukter, polyuretan, silikonplaster med mera. Problem med förvaring och eventuell stabilisering av dessa konstverk diskuterades. Vi träffade även representanter från andra museer, till exempel Karen Potie (Canadian Centre for Architecture) och en del tillfälligt arbetande konservatorer (Mireia Campuzano, Marie Trottier med flera).

### **National Gallery, Ottawa**

Vår kontaktperson var Stephen Gritt, som visade de välutrustade konservatorsateljéerna i detta fina, nybyggda museum. Stephen är chef för konservatorsgruppen på 15 personer, som har följande inriktningar: äldre målningar, modern konst, akvareller och etsningar, skulptur, silver och foto. Vi fick se exempel på konservatorer i arbete: lagning av en italiensk 1500-talsmålning (äggoljetempera) utfördes med en modern PVA-baserad plastfärg innehållande moderna pigment, något som kändes egendomligt för oss med tanke på ICOM:s etiska synpunkter. Dessutom pågick ett arbete på en bronshäst med allvarliga korrosionsskador. Vi fick en guidad tur genom samlingarna, som omfattar mycket äldre och yngre konst från Nordamerika, men även målningar av till exempel Rembrandt och Picasso.

### Museum of Civilization (CMC), Ottawa

Här fick vi träffa museichefen (Bill Moore), som på grund av tidsbrist överlät åt en konservator (Julie Hughes) att visa oss runt (figur 46). Detta moderna museum består av två stora sammanlänkade byggnader – en för själva utställningarna, och en för konservering, magasin och administration. Ordningen var minutiös – man kunde via en databas se exakt var ett föremål befann sig: i magasinet, på en utställning, utlånat, under konservering, i fotoateljén etcetera. Sju konservatorer ansvarade för föremålens vård och förvaring. Alla magasin hade ren luft, en jämn och sval temperatur, sparsam belysning och gott om utrymme. En del särskilt känsliga plastföremål förvarades (på rekommendation av CCI) i frysboxar.

Utställningarna i den andra byggnaden var imponerande, med fynd efter inuiter (eskimåer) och indianer i speciella hallar, bland annat imponerande totempålar i deras »Grand Hall«. Det »modernare« Kanadas historia illustrerades av uppbyggda »stadskvarter« från 1600-talet och framåt, inne i museet. Från 1900-talet fanns naturligtvis många föremål av plast.

### War Museum, Ottawa

Här finns i huvudsak militär utrustning från de senaste två seklen, med tyngdpunkt på andra världskriget i vilket Kanada deltog. Vi kunde konstatera att man redan då använde lätta och starka plaster för viss krigsmateriel, framför allt i flygplan (fönster, fallskärmar, textilier, instrumentpaneler, inredning) men även till den vanlige soldatens utrustning (muggar, tallrikar, textilier, tält etcetera).

### ETT KORT BESÖK I KÖPENHAMN 2007

År 2007 besökte projektets kemister Köpenhamn under två decemberdagar. Första dagen besöktes Nationalmuseets Bevarandeavdelning i Brede cirka två mil norr om Köpenhamn. Här togs vi emot av Yvonne Shashoua, som har mer än 20 års erfarenhet av nedbrytning av plast. Vi hade långa diskussioner om dessa problem, och visades runt i de nya laboratorielokalerna. Vi hann även med att presentera egna arbeten med två föredrag. Dagen därpå besöktes först Konservatorsskolan i Köpenhamn, där vi bland annat höll ett föredrag för skolans elever. Eftermiddagen ägnades åt samlingarna på Nationalmuseet.



Figur 46. Julie Hughes på Museum of Civilization demonstrerar förvaring av ömtåliga textilier.  
Foto: Anders G. Nord.



HUA FENG SUJIAO

## 14. FÖREBYGGANDE KONSERVERING: REKOMMENDATIONER FÖR FÖRVARING

Såsom tidigare nämnts finns det en mängd faktorer som *kan* orsaka nedbrytning av plast: hög temperatur, oxidanter, luftföroreningar, syror och alkalier, lösningsmedel, fukt, solljus, katalytiska metaller, mekanisk påverkan och mikroorganismer (kapitel 12). Även själva tillverkningsmomentet kan försämra plastens hållbarhet (kapitel 7). Med ledning av ovanstående skadefaktorer, samt med de erfarenheter vi erhöll vid våra studiebesök, kan nu projektgruppen ge rekommendationer för en relativt säker förvaring av plastföremål i museisamlingar. Varje plastsort påverkas emellertid av olika faktorer (tabell 6 i kapitel 12). Eftersom det många gånger är svårt att klassificera en plast bör man därför, för säkerhets skull, eftersträva sådana förvaringsbetingelser att man skyddar så många plastsorter som möjligt. En kort genomgång av de viktigaste skadeorsakerna diskuteras här nedan, och olika exempel presenteras. Kapitlet avslutas med en sammanställning av rekommendationer för en bra förvaring.

### TEMPERATUR

Praktiskt taget alla kemiska reaktioner går snabbare vid en högre temperatur. En grov uppskattning med hjälp av Arrhenius formel för aktiveringsenergin inverkan på kinetiken visar att en höjning av temperaturen med tio grader i stort sett fördubblar reaktionshastigheten. Man har inom museivärlden också funnit, att föremålen mår bäst om variationer i temperaturen undviks. Av denna anledning rekommenderas för plastföremål således en sval och jämn temperatur i magasinerna, normalt cirka 5–10°C. Förvaring i kylskåp är inte alltid lämpligt, eftersom den relativa luftfuktigheten (RH) i dessa är alltför hög. Cellulosnitrat bör aldrig förvaras över 2°C. Man kan naturligtvis överväga att förvara vissa objekt i frysboxar. Detta är i och för sig dyrbart, och är inte heller lämpligt för alla plaster, då det kan orsaka sprickbildning och försprödning av materialet. Men metoden har visat sig bra för till exempel fotonegativ av cellulosaderivat, och används i flera svenska bildarkiv. I Kanada var man inte främmande för



Figur 47. Docka av celluloid som förvaras vid  $-40^{\circ}\text{C}$  i en frysex. Museum of Civilization, Ottawa.  
Foto: Kate Tronner.

att förvara större plastföremål i frysexor, ofta vid så låga temperaturer som  $30-40$  minusgrader ( $^{\circ}\text{C}$ ). I Museum of Civilization i Ottawa förvaras, på rekommendation av Canadian Conservation Institute, bland annat dockor av celluloid i frysexor (figur 47). Innan föremålen läggs ned i frysexorna, stoppas de in i plastpåsar för att kondensation inte ska uppstå när föremålen åter värms upp. Fukt i olika sammanhang kan orsaka hydrolys av polyestrar, polyuretaner och cellulosaderivat med flera. Shashoua (2005A) har studerat förvaring i frysexor. Hon rekommenderar att plastobjekten förvaras i polyetenpåsar i frysexorna. Hon anser att de flesta plaster kan förvaras i frysexor, så länge de är små eller tunnväggiga. För föremål med tjockare gods uppstår ofta problem med sprickor och mekaniska skador. Mjukgjord pvc-plast bör dock aldrig förvaras fryskallt.

### OXIDANTER OCH ANDRA SKADLIGA ÄMNEN

Oxiderande ämnen som syre och (framför allt) ozon har en kraftigt nedbrytande effekt på många plaster och även på gummi. I samband med förhöjd temperatur blir effekten ännu större – man talar om termo-oxidativ nedbrytning. (Kombinationen uv-ljus och syre/ozon är också mycket farlig för plasterna – här får man nedbrytning genom så kallad fotooxidation.) Eftersom 21 procent av luftmolekylerna består av syre, krävs ibland speciella åtgärder för att förhindra oxidation av plast. Man har ibland försökt skydda ytan på olika sätt. Ämnen som tidigare har använts är exempelvis vax, vaselin, skokräm med mera (Pettersson 1996). The National Museum of Scotland har dessutom funnit att vax förhindrar svavelkristaller att utsöndras från ebonit (hårdgummi). Canadian Conservation Institute har använt parylen för inneslutning av plast- och gummiobjekt (Humphrey 1984; Grattan & Bilz 1991).

I magasinerna kan man i många fall utnyttja en så kallad AgeLess-påse. Sådana tillverkas av Mitsubishi Gas Chemical Company Inc. Påsen är genomskinlig och tillverkas av plast i flera skikt: stabiliserad polypropen, sedan pva som gastät barriär, och slutligen polyeten. Påsen innehåller ett torkmedel och en syreabsorbator i form av finfördelat järnpulver. Föremålet läggs i, och påsen tillsluts. Det finns exempel där föremål av gummi klarat sig i decennier i en sådan påse (se föregående kapitel, avsnittet rörande cci). Utvärdering av AgeLess-påsar

har bland annat genomförts av Shashoua & Thomsen (1993), Grat-tan & Gillberg (1994) och Shashoua (1999). Påsarna är även lämpliga för metallobjekt och för plaster som *inte* emitterar sura föreningar. I figur 48 visas ett varnande exempel från National Army Museum i London. Den visar en militär dekoration av cellulosacetat, vilken förvarats i en AgeLess-påse i flera år, förmodligen med de bästa intentioner för ett gott bevarande. Emellertid har plasten brutits ned och emitterat ättiksyra, som blivit kvar i påsen och därvid skapat ett försurande mikroklimat vilket katalyserat fortsatt nedbrytning («autokatalys»). Det är därför klart att pvc, celluloderivat och de flesta polyuretaner absolut inte får förvaras i tillslutna påsar. Föremål tillverkade av dessa plaster kan med fördel förvaras inlindade i bomullsdukar innehållande aktivt kol. Shashoua har studerat denna typ av förvaring, och funnit att den fungerar bra. Hon har även undersökt zeoliter med god adsorptionsförmåga, och kemikalien ESBO (Epoxidized Soya Bean Oil), som reagerar med gasformiga, sura ämnen, till exempel klorväte från pvc-plast. Det bör även nämnas, att det förutom AgeLess finns andra förvaringspåsar, till exempel sådana som är tillverkade av plastbehandlad aluminium.

Clavir (1982) konstaterade tidigt att museiföremål av gummi kan bevaras i en inert atmosfär. I museimontrar kan man skydda plaster (och många andra material) från syre genom att leda in en inert skyddsgas. Vanligen används kväve, mer sällan den dyrare gasen argon. Det vanligaste är att man fyller på skyddsgas någon gång om dagen. För särskilt känsliga föremål används den mer avancerade metoden med ett stabilt, långsamt »steady-state« gasflöde. Metoden är naturligtvis dyrbar, men den används bland annat i Kanada. Enligt uppgift från Canadian Conservation Institute saluförs sådana mont-rar av »Keepsafe Systems«. I en del länder, bland annat Norge, har man börjat använda lägre halter av syre (cirka 16 procent) i magasinerna för att minska nedbrytningen av organiskt material. Samtidigt minskar naturligtvis risken för bränder.

Än värre är påverkan av det mycket reaktiva ozonet ( $O_3$ ). Denna giftiga och starkt oxiderande gas finns naturligt i låga halter i atmosfären, men bildas även i luft vid starkt solljus och mycket bilavgaser. En del elektriska apparater alstrar ozon, såsom kopieringsmaskiner, elektriska motorer och viss belysning. Det är därför angeläget



Figur 48. En militär dekoration av cellulosacetat på National Army Museum i London. Föremålet har förvarats i en sluten plastpåse, vilket medfört snabb autokatalytisk nedbrytning. Foto: Kerstin Jonsson.

att undvika sådant i magasinerna. Observera att detta gäller påverkan inte bara på plast utan även på praktiskt taget alla organiska material, till exempel trä och textilier. Syror och flera gaser kan skada plast, till exempel kväveoxider, svaveldioxid och svaveltrioxid. Vid förvaring i magasin och utställningsmontrar måste man också tänka på att välja hyllmaterial som inte utsöndrar skadliga ämnen. Hyllor av rostfritt stål, skyddslackerad plåt eller glas är att föredra. Undvik generellt trämaterial, eftersom de kan avge sura eller andra skadliga ämnen. Ek är särskilt olämpligt, liksom ett flertal limmade träskivor (plywood, spånplattor och dylikt). Om man nödvändigtvis vill använda trä är bok att föredra. Lim innehåller ofta aldehyder som kan oxideras till organiska syror. Men lamellskivor som är limmade med aldehydfritt lim och dessutom bemålade med en gastät lack fungerar bra i museisammanhang, till och med för silverföremål.

Av flera anledningar måste man ha ren luft i magasinerna, och dessa ska vara väl ventilerade. Luften som släpps in utifrån måste eventuellt renas om det är mycket trafik och luftföroreningar utanför byggnaden. Vissa alkaliska ämnen liksom organiska lösningsmedel kan skada plast, men sådana förekommer sällan i magasinerna. Däremot kan de komma att användas vid rengöring av plastföremål, och här uppmanar vi till försiktighet. Man får försiktigt prova sig fram på små ytor. Luften måste vara torr – fukt kan orsaka nedbrytning genom hydrolys av plasten.

### ULTRAVIOLETT LJUS

uv-ljus, som finns i solljus, har kortare våglängd och därmed högre energi än synligt ljus. Vissa lysrör kan även avge uv-ljus. Detaljerade data om ljusets påverkan på olika plaster har bland annat publicerats av Doležel (1978). Uppgifterna i denna publikation kan vara till stor nytta vid val av belysning i magasin och utställningslokaler med plastföremål. uv-ljus är mycket skadligt för gummi och för de flesta plaster, med undantag av teflon, akrylater och några till. Vid oxidation i samband med uv-ljus brukar man tala om foto-oxidation. Plasten blir spröd, gulnar, missfärgas eller krackelerar på ytan. Effekten är naturligtvis störst på föremål som utsätts för starkt solljus, det vill säga utomhus. Sådana plastföremål måste alltid stabiliseras för att uppnå en godtagbar livslängd.

## PÅVERKAN MELLAN OBJEKT

Som ovan nämnts kan många kemiska ämnen påverka nedbrytningen. Föremål av PVC, cellulosanitrat, cellulosacetat och polyuretan måste skiljas från övriga föremål, och förvaras separat i väl ventilerade utrymmen. Men det kan också förekomma att två olika plaster i kontakt reagerar med varandra på så sätt att de limmas ihop. Vid magasininventeringarna såg vi många exempel på detta. I figur 49 visas fiskedrag av PVC i en ask av plexiglas (en akrylatplast). Fiskedragen har limmats fast i asken, missfärgats och blivit klibbiga. Flera andra exempel gäller leksaker av PVC som ligger förpackade i genomskinliga polystyrenaskar. Ibland har förvaringsask och leksak »limmats ihop« genom en kemisk reaktion. Ett »skräckexempel« från ett magasin visas i figur 50. Vi har också i Nordiska museets samlingar sett exempel på hur PVC har angripit polyeten. Det är med andra ord viktigt att inte låta olika föremål komma i kontakt med varandra, utan det ska vara mellanrum mellan plastföremålen.

Vid de återkommande inspektionerna i magasinerna bör man vara särskilt noggrann med föremål som innehåller såväl plast som metall. Flera vanliga metaller, till exempel koppar, järn och mässing, har visat sig katalysera nedbrytningen av plast. »Sura« plaster som PVC eller cellulosaderivat kan omvänt få metallen att korrodera. Detta syns ofta på glasögonskalmar, som under många decennier har tillverkats



Figur 49. Fiskedrag av PVC som förvarats i en ask av plexiglas. Plasterna har reagerat med varandra och limmats ihop. Nordiska museet (Inv. nr NM 291.150). Foto: Kerstin Jonsson.

Figur 50. En leksaksskalbagge av PVC har limmats ihop med polystyrenet i förvaringsasken. Nordiska museet (Inv. nr NM 291.817). Foto: Kerstin Jonsson.





Figur 51. Signalskiva av cellulosanitrat med mässingsdetaljer, med svåra angrepp på såväl plast som metall. Armémuseum, Stockholm (Inv. nr 116.946). Foto: Christina Tengnér.

Figur 52. Exempel på hur plastföremål inte bör förvaras i ett museimagasin. Foto: Anders G. Nord.



av cellulosatriacetat (se även figur 51). Andra föremål där en kombination av plast och metall är vanliga är radio- och TV-apparater, telefoner, diverse elektriska instrument, hushållsmaskiner, kontorsmaskiner, datorer med mera. Här krävs en väl genomtänkt strategi för att kunna bevara så mycket som möjligt.

### ANDRA SKADEFAKTORER

En del plaster är fukt känsliga, och självfallet bör magasin och monturar vara torra för att undvika risken för hydrolytiskt betingat sönderfall. PVC och polyuretan kan angripas av mikroorganismer. Vissa tillsatser i plasten kan också orsaka problem. Vi har tidigare nämnt metaller i plasten, och exemplet med antioxidanten Irganox som kan gulna och på så sätt missfärga produkten. Tillsatserna kan även reagera med varandra och medföra att plasten får andra, icke önskade egenskaper. Sannolikheten för detta minskar vid en lägre förvarings-temperatur. Var omdömesgill vid märkning – järngallbläck är särskilt olämpligt eftersom metallen »fräter« på plasten. Tejp och etiketter kan skada ytskiktet på föremålet. En kort sammanställning över vad man bör tänka på inför en någorlunda säker förvaring av plastföremål i magasin presenteras här nedan.

- Förvara föremålen mörkt, torrt och svalt, det vill säga vid en låg och jämn temperatur, gärna omkring 5–10°C. I vissa fall rekommenderas förvaring i frysbox.
- Se till att det är god ventilation i magasinet, och håll avstånd mellan föremålen. Vissa plaster kan själva avge skadliga ämnen (CN, CA, PVC), liksom hyllmaterial i magasinen. Plastföremål innehållande metaller (framför allt koppar, järn, mässing) kan orsaka accelererande nedbrytning av såväl plast som metall. Var omdömesgill vid förpackning i plastpåsar eller kartonger!
- Undvik närhet till fönster, lysrör och elmotorer (kan alstra skadligt ozon).
- Håll rent (»good house-keeping«) och gör regelbundna inspektioner av föremålen. Ge noga akt på tecken på en begynnande nedbrytning såsom sprickor, gulnande, missfärgning, konstig lukt och så vidare. Använd indikatorer i magasinen för kontroll av mikroklimat, luftföroreningar och sura emissioner från vissa plaster.

## 15. AKTIV KONSERVERING – NÅGRA SYNPUNKTER

Till plastprojektets huvudsyften hör frågor kring konservering och förvaring av plastföremål. Ännu så länge finns väldigt litet publicerat rörande aktiv konservering av plastföremål, men nyligen utkom Yvonne Shashouas bok om konservering av plast i Butterworths »Svarta serie« (Shashoua 2008). Projektgruppens kunskaper rörande aktiv konservering är mycket begränsade. I Sverige försiggår i dag nästan ingen aktiv konservering av plastföremål. Ett fåtal tester och studier har genomförts internationellt, med tveksamma resultat i många fall. Det finns några internationella institutioner som bedriver relevant forskning, bland annat i Storbritannien och Tyskland. Brenda Keneghan, Conservation scientist på Victoria and Albert Museum i London, har initierat flera forskningsprojekt. Katherine Kessler, konservator på Vitra Design Museum, medverkar i »Axa Art Conservation Project for objects made with synthetics«. Hon arrangerar regelbundet konferenser på olika teman inom konservering av moderna material. Även i USA och Kanada förekommer studier inom aktiv konservering av plastmaterial. En mycket viktig del av vårt projekt har därför varit att aktivt ta del av de olika forskningsprojekt som pågår, och ta kontakt med deltagarna i de internationella nätverk som byggts upp. Därför har flera studieresor och deltagande i kurser genomförts under projektets gång (jämför kapitel 13).

Många gånger behöver ett plastföremål rengöras. Om man kan fastställa vilken plast det rör sig om, är det naturligtvis enklare att välja ett lämpligt rengöringsmedel. I annat fall måste man testa olika rengöringsmedel eller lösningsmedel på ett litet undanskymt ytparti. Detsamma gäller vid borttagning av störande spår efter märkningar eller märkpenor eller dylikt, samt märken efter tejp och etiketter. Stor försiktighet rekommenderas – en del lösningsmedel som avlägsnar etiketten kan lösa själva plasten. Ibland uppstår missfärgningar efter behandlingen.

En enkel åtgärd för att laga plastföremål är att använda lim för sammanfogning. Det finns ett stort antal limmer på marknaden: vatten-

Figur 53. Skär stövel från Thea van Oostens samling på ICN, Amsterdam.  
Foto: Kate Tronner.



baserade limmer, kontaktlim, särskilda kontaktlimmer för plaster, cyanoakrylat och andra »superlimmer«, tvåkomponentlimmer av epoxityp med mera. Det som är bra för en plast kan vara dåligt för en annan. Loctite (ett cyanoakrylat) är till exempel bra för akrylater men dåligt för polyamid. Elva limmer har testats av Don Sale (1993). Stor varsamhet rekommenderas när det gäller museiföremål. Om man måste limma, bör man först leta i litteraturen efter testresultat eller prova sig fram. (Det senare alternativet går förmodligen fortast!) Pinnar av plast kan behövas för att staga upp ett skört föremål som börjar falla sönder, eller för att stabilisera en försvagad konstruktion. Undvik alltid metaller, vilka kan orsaka korrosion eller katalytisk nedbrytning. Det är ibland nödvändigt att fylla igen små hål och sprickor.

Thea van Oosten vid ICN i Amsterdam har gjort flera försök med aktiv konservering, bland annat av en tapet tillverkad av polypropen. Behandling med antioxidanter fördröjde nedbrytningen något. De konsolideringsmedel som provats av van Oosten är bland annat Plextol B 100, Paraloid B 72, Plextiol B 360/D 498 och akrylhartsar, vilka applicerades med »airbrush« eller »nebulizer«. Vanligtvis är det mycket svårt eller nära nog omöjligt att i efterhand tillsätta

mer av en redan förbrukad stabilisator. Ett försök att konservera en leksaksdocka av cellulosanitrat har beskrivits av Ward & Shashoua (1999). Ett annat besvärligt material att konservera är polyuretan, i synnerhet de skummade varianterna som tenderar att brytas ned till ett illaluktande pulver. Lisa Nilsen (1999) har beskrivit problematiken i sin examensuppsats på Institutet för kulturvård. Hon nämner parylenmetoden som ett tänkbart alternativ för konsolidering. Ward & Shashoua (1999) beskriver hur plast kan skyddas med hjälp av silikonbehandlad polyesterfilm. Thea van Oosten (personligt meddelande 2006) har testat konsolidanten Impranil DLV och antioxidanten Tinuvin B-75 på sönderfallande polyuretanskum. Dessa vätskor injiceras i plasten och uppges ge ett visst skydd mot fortsatt nedbrytning, men långtidstest saknas. Problem med textilfibrer av polyuretan har diskuterats av Kerr & Batcheller (1993).

I flertalet fall blir man emellertid tvungen att inse att ett föremål är omöjligt att rädda. I denna rapport har vi visat på flera sådana exempel: fragmenterade tandborstar, deformerade galoscher, gröna stövlar som blivit hårda och fallit sönder, plastföremål som limmats ihop med varandra och så vidare. Den skära stöveln i figur 53 finns i Thea van Oostens samling på ICN som studieobjekt och varnande exempel. Detta gäller även ett stort antal konstverk tillverkade av plast (se nästa kapitel). I de fall man tvingas kassera ett föremål, rekommenderas att man fotodokumenterar noggrant och även behåller ett litet prov av materialet med tanke på framtida forskningsarbete.

## 16. KONSTVERK OCH SAMLAROBJEKT

Några av de första konstverken av plast skapades redan på 1910- och 1920-talen av den ryske skulptören Naum Gabo (1890–1977) och hans äldre bror Antoine Pevsner. Några av deras konstverk, baserade på (i huvudsak) cellulosanitrat, har sammanfattningsvis beskrivits ur polymerteknisk synpunkt av Derrick, Stulik & Ordonez (1993). I en del fall har kamfer tillsatts som mjukgörare. Zinkoxid användes som fyllmedel och för att ge önskvärda optiska effekter. Flera av deras konstverk finns på Museum of Modern Art i New York och på Tate Gallery i London. Derrick *et al.* (1993) har iakttagit många skador på dessa verk såsom sprickor, missfärgningar och klibbiga utfällningar. Ett annat verk av Gabo beskrevs av Beth Price på Londonsymposiet »Plastics: Looking at the Future & Learning from the Past«. Denna plastskulptur från 1927 kallas »Two Cones« och är tillverkad av celluloacetat. Den förvarades i ett glasskåp åren 1953–1960. Efter detta skedde en kraftig nedbrytning fram till 1968, då den betraktades som irreparabel. Objektet hade deformerats, missfärgats och helt förlorat sin ursprungliga karaktär. Uppdraget att göra en kopia gick så småningom till konstnären Arturo Guetara, som använde ett hållbarare material, men med förbehållet att kopian inte fick ställas ut.

Flera andra konstverk av plast och problem med deras nedbrytning presenterades på Londonsymposiet 2007 (jämför kapitel 13). Även under besöket i Kanada diskuterades nedbrytning av konstverk av plast. På Musée des Beaux Arts de Montréal hade man problem med moderna konstverk som var tillverkade av naturligt eller syntetiskt gummi, polyuretan, silikongummi, polyester med mera. I samlingarna tillhörande Montreal Museum of Contemporary Art finns även många konstverk av material som börjat brytas ned: gummi och syntetiska gummiprodukter, polyuretan, silikonplaster med mera. Det tycks som om konstnärer och skulptörer tidigt fastnat för plast som ett användbart material i konsten, men valet av material har styrts mer av praktiska egenskaper som god formbarhet än av långsiktig hållbarhet. Fler exempel lämnas här nedan.

Föredrag rörande konstverk av sönderfallande plast har presenterats under sessionerna om »Modern materials« vid de regelbundet förekommande ICOM-konferenserna, speciellt de senaste åren. Huys & van Oosten (2005) beskrev på ICOM-konferensen i Haag en jätteballong av plast, tillverkad i mitten av 1960-talet av den belgiske konstnären Panamarenko. Ballongen av PVC var 28 meter lång och påminde till formen om en zeppelinare. Höljet var tillverkat av mjukgjord PVC-plast med 17–30 procent DEHP (di-2-etylhexyl-ftalat) och hade börjat uppvisa ett flertal skador såsom hål och revor. Huys och van Oosten lyckades framgångsrikt laga dessa med hjälp av Claris PVC-film. Ett annat exempel gavs på samma konferens av Kessler & van Oosten (2005). Det gällde de så kallade »Pratt chairs«, formgivna av den välkände italienske designern Gaetano Pesce år 1984. Fyra av dessa stolar, med olika färger, finns på Vitra Design Museum i Weil am Rhein. Stolarna som är tillverkade av polyuretan hade allvarliga skador, och i samband med försäkringsbolaget Axa påbörjades år 2003 ett konserveringsprojekt med namnet Axa Art Conservation Project. Bland skadorna märktes sprickor, bubbliga ytor, allvarliga deformationer, och kladdiga utfällningar som samlat damm och smuts. Noggranna analyser utfördes bland annat med FTIR och pyrolys-GCMS. I några fall påträffades mjukgöraren DBEP (di-butoxyetylftalat); dessutom fanns UV-stabilisatorer och flamskyddsmedel. Stolarna bedömdes dock vara i så dålig kondition att de inte kan återställas i sitt ursprungliga skick.

Projektgruppen har haft samarbete med Moderna Museet i Stockholm (Thea Winther, Lena Wikström med flera), och hjälpt till med ett stort antal kemiska analyser. Även detta museum har problem med konstverk tillverkade av plast. Ett verk av Öyvind Fahlström från 1968, kallat »Model for the little general«, består av 46 små vita eller färgade figurer, som nu uppvisar olika skador. Vid våra analyser kunde vi påvisa plaster som PVC, akrylat (PMMA), cellulosaacetat, och en blandning av PVC och PVA. Pigmenten bestod i allmänhet av oorganiska ämnen som blyvitt, zinkvitt, titanvitt, koboltblått och järn(III)oxid. I många fall påträffades fyllmedlen krita, lera och kvartssand. Bland skadorna märktes sprickor, klibbiga utfällningar med smuts, nedbrutna limmer och lacker med mera (Winther 2007).

Vi undersökte även konstverk av bland annat Alex Hay (»Yellow

Crumbled Paper») av epoxiplast, som styvnat och missfärgats. »Trappan« av Kjartan Slettemark (figur 54) har tillverkats av flera olika plaster: polyuretan, PVC, polystyren, alkydfärg med mera. Många skador observerades på föremålen (Appendix 1): sprickor, försprödning av godset, missfärgningar, fragmenterat eller svampigt material, klibbiga utfällningar. Konstverket »Soul Food« av samma konstnär uppvisade liknande skador på de använda plastmaterialen: PE, PS, PVC, epoxiplast, alkydfärg. Konstverket »Flockad« av Keith Sonnier innehöll nedbrutna partier av gummi, cellulosa och cellulosaacetat. Andra verk av bland annat Niki de Saint-Phalle, Piero Galardi, Ulf Rollof och Dan Wolgers analyserades. De plaster som hade flest synliga skador var PVC, polyuretaner och gummi. »Den rosa födelsen« (se sida 82) från 1964 av den schweiziska konstnärinnan Niki de Saint-Phalle bestod av flera olika polymera material. Av dessa har gummi klarat sig sämst, PVC och PE någorlunda bra, medan PS visar god hållbarhet. Flagning och fragmentering var vanliga skador. Konstverket har nu framgångsrikt behandlats av Moderna Museets konservatorer, i samråd med Niki de Saint-Phalle. Sammanfattningsvis kan vi konstatera att det är samma plastsorter som är problematiska i museisamling-



Figur 54. »Trappan« av Kjartan Slettemark.  
Moderna Museet (MOMSK 1994).  
Foto: Moderna Museet.

arna som orsakar problem med konstverken av plast, det vill säga PVC, polyuretaner, celluloserivat samt skumplaster och gummi.

Vid vårt besök på National Museum of Scotland i Edinburgh blev vi informerade om ett stort konstverk av plast av den australiensiske konstnären Ron Mueck. Verket består av en 10 meter lång »jättebaby« och är tillverkat av polyuretanskum, silikonplast, akrylater, glasfiber och målarfärg. Detta verk, som sannolikt har en mycket begränsad livslängd med tanke på de ingående materialen, har nu köpts av National Gallery of Scotland för £ 400 000. Detta gjorde naturligtvis våra kemistkolleger på National Museum of Scotland förvånade och tveksamma till den stora investeringen. Det förefaller allmänt som om konstnärerna själva är de som bekymrar sig minst om föremålets livslängd. Gaetano Pesce var till exempel helt likgiltig vad beträffar det framtida ödet för hans berömda »Pratt chairs«: »Durability of my projects is not a worry to me. It is not my concern what people do with my projects, they can destroy them or put them in the garbage.« På ett liknande sätt uttalade sig den berömde ryske skulptören Naum Gabo. Han försvarade redan 1953 sin användning av icke beständiga plastmaterial på följande sätt: »To base a work of art on permanency is to base it on something which does not exist.«

Mer oroliga för plastföremålets bevarande är naturligtvis alla museer som har sådana föremål, och privata samlare som genom dyra inköp byggt upp sina samlingar. På auktioner för modern konst bjuds numera ofta ut skulpturer och konsthantverk av plast, med utropspriser i storleksordningen 50 000–200 000 kronor. För en icke initierad investerare finns det således en risk att det inropade föremålet efter några decennier är förstört och nästan värdelöst. Många samlare spar på bruksföremål av plast. Här är hållbarheten ofta mer förutsägbar, framför allt vad gäller plaster som melamin, polyeten (Tupperware!), polystyren med flera. Thomas Lindblad (2004) har skrivit en läsvärd och informativ bok om svensktillverkade bruksföremål av plast. Han har god kännedom om de olika plasternas hållbarhet. Under april–september 2008 pågick en utställning på Dunkers Kulturhus i Helsingborg med valda föremål ur hans stora samling. Även resultat från vårt projekt ingick (se kapitel 17). En annan samlare är Thomas Boström, som specialiserat sig på vattenkannor av plast. Han har under 2008 haft en utställning på Rosendals Trädgårdar i Stockholm.



Slutligen bör påpekas, att det även inom konstmåleriet kan uppstå problem med polymera bindemedel. Inom ett annat projekt (Tronner *et al.* 2006) besöktes färgfabriken Lefranc & Bourgeois i Le Mans. Till skillnad från bindemedel som linolja och valnötsolja, som håller i hundratals år, kan man förvänta sig problem med de nyare bindemedlen, exempelvis i akrylfärger. Dr Viaud på Lefranc & Bourgeois ansåg att de bästa kvaliteterna bland dessa färger (Artist's quality) bör hålla i 40–50 år, något beroende på underlaget. Företaget utför inte särskilt många försök med så kallad accelererad åldring, vilket kan tyckas egendomligt, men de hade några provningskammare för tester med uv-ljus. Färgfabriken Winsor & Newton i London tillverkar bland annat vinylfärger, och även här kan man förvänta sig problem med hållbarheten om 40–50 år. Detta är också något som konstmuseer och konstsamlare bör tänka på. Några vetenskapliga tester har utförts på dessa bindemedel, se till exempel Scalarone, Chiantore & Learner (2005).

## 17. PROJEKTET I MEDIA

Plastprojektet »Morgondagens kulturobjekt« beskrivs kortfattat på Riksantikvarieämbetets hemsida ([www.raa.se](http://www.raa.se)). Dessutom har det uppmärksammats i dags- och veckopressen. Projektet presenterades i Svenska Dagbladet den elfte januari 2007 under titeln »Svårt bevara plast för eftervärlden«. I artikeln av Catharina Ingelman-Sundberg beskrivs kortfattat vad en plast består av, och vilka plaster som klarar sig bra respektive dåligt. Exempel ges på skador som kan uppträda. I artikeln anges vilka institutioner som deltar i projektet, och något om vårt pågående analysarbete. Januariumret 2007 av tidskriften Kulturarv tar upp projektet under titeln »Plast på tapeten«. Textförfattaren Anna Lalić Danielsson beskriver plasternas komplexitet, skadliga faktorer samt observerade skador i museimagasinen. Vidare anges hur plastföremålen ska förvaras och hur projektgruppen arbetar. I marsnumret 2007 av tidskriften Elle Interiör har chefskonservator Karin Björling Olausson intervjuats av journalisten Karin Ohlsson-Leijon. Framför allt är det skador på Nordiska museets platsamling som beskrivs. Septemhernumret 2007 av tidskriften Vi innehåller en längre artikel om vårt projekt, skriven av journalisten Jenny Morelli. Hon har talat med Kate Tronner, Anders G. Nord och Karin Björling



Figur 55. Dunkers Kulturhus i Helsingborg.  
Foto: Anders G. Nord.

Figur 56. Föremål ur Thomas Lindblads samling i utställningen »Plastic Fantastic«.  
Foto: Sven Olof Larsén, Dunkers Kulturhus, Helsingborg.

## RAÄ:S TEXTBIDRAG TILL UTSTÄLLNINGEN »PLASTIC FANTASTIC«

### »Morgondagens Kulturobjekt« – ett projekt för bevarande av plastföremål

Riksantikvarieämbetet har tillsammans med tre museer genomfört ett treårigt forskningsprojekt för att kunna bevara så många plastföremål som möjligt åt eftervärlden. Syftet har varit att dokumentera och analysera olika plastföremål, kartlägga skadorna, och utarbeta rekommendationer för hur de skall förvaras. En slutrapport beräknas bli färdig till hösten 2008.

Alla känner igen ett föremål av plast när man ser det, men vad består det av? En viktig beståndsdel är den s.k. polymeren, en jättemolekyl som är uppbyggd av sinsemellan lika smådelar. Redan i slutet av 1800-talet tillverkades »halvsyntetiska« plaster av naturlig cellulosa och diverse kemikalier. På så sätt framställdes bland annat cellofan, celluloid, konstsilke m.m. Den första halvsyntetiska plasten var bakelit, som år 1908 framställdes av den belgiske kemisten Baekeland, som givit namn åt produkten. Den användes tidigt till svarta telefoner och elektriska kontakter. Under 1900-talet tillkom hundratals nya plaster, de flesta efter andra världskriget. De fyra vanligaste plasterna är polyeten, polypropen, polystyren och polyvinylklorid (PVC). Vanliga plastgrupper är polyamider (nylon m.m.), polyesterar, polyuretaner och akrylater.

Plast är ett jämförelsevis billigt material, och används till väldigt många olika produkter. Däremot är det si och så med hållbarheten. Föremålen kan »åldras« så att de gulnar och missfärgas. Sprickor, krackeleringar, bucklor, styvhet och utfällningar är andra exempel på skador. Ytan kan krackelera eller bli klibbig, och ibland syns bubblor eller utfällningar. I värsta fall fragmenteras plasten så att det bara blir lösa bitar eller pulver kvar. Syre, ljus och värme är några av de faktorer som bidrar till åldrandet. En flitig användning ökar också risken för skador. Plasternas hållbarhet varierar mycket. Mycket hållbara är t.ex. bakelit, teflon och melamin. Den senare används till finare hushållsartiklar med bra design, och känns igen på sin emaljliknande yta. Till de mest problematiska plasterna hör PVC, cellulosaplasterna och polyuretaner. I många fall måste en stabilisator tillsättas för att ge en godtagbar livslängd. Moderna plaster har en mycket komplex sammansättning, och de kan innehålla upp till 20 olika tillsatser

såsom stabilisator, antioxidant, UV-absorbator, pigment, mjukgörare, fyllmedel, antistatmedel m.m.

Som privatperson kasserar man de billiga plastföremålen när de går sönder, men för våra museer är den begränsade hållbarheten ett stort problem. I Nordiska Museets samlingar har ca 10 % av plastobjekten någon form av skada, och 3–4 % är i så dåligt skick att de ej går att bevara. Regnrockarna blir styva och stela, tandborstarna spricker sönder, galoscher deformeras och möbelstoppningarna omvandlas till ett illaluktande, svampigt material.

Det är även mycket svårt att reparera skador på plastobjekt. Frånvaron av användbara konserveringsmetoder gör det förebyggande arbetet än viktigare. Det är av stor betydelse att föremålen förvaras på ett bra sätt. Man måste också tänka på att hållbarheten är begränsad – den kan variera från ett par månader till i bästa fall några hundra år. Detta är viktigt att känna till, både för museer och privata samlare. Plaster bör förvaras mörkt, torrt och svalt med en jämn temperatur. Man ska ha god ventilation och en dammfri, ren miljö. Plastobjekt kan skada varandra och till och med »limmas ihop«, så det är viktigt att hålla avstånd mellan föremålen. Regelbundna inspektioner rekommenderas. Små missfärgningar eller krackeleringar kan vara tecken på en begynnande nedbrytning. Här gäller det att vara observant!

### PROJEKTDELTAGARE

Riksantikvarieämbetet: Docent Anders G. Nord (projektledare), 1:e lab.ing. F.K. Kate Tronner och konservator Katarina Lampel.

Nordiska Museet: konservatorerna Karin Björling Olausson och Kerstin Jonsson.

Nationalmuseum: Konservator Maria Franzon, M.Sc.

Armémuseum: Konservator Christina Tengnér.

KTH Polymerteknologi: Docent Mats Johansson.

Prof. em. Einar Mattsson, korrosionskonsult.

Olausson, och artikeln innehåller många exempel från vårt arbete samt foton tagna av projektgruppens medlemmar eller tidskriftens egen fotograf Kuba Rose.

En plastutställning kallad »Plastic Fantastic« ägde rum under april–september 2008 på Dunkers Kulturhus i Helsingborg (figur 55). En stor del av utställningen ägnades åt Thomas Lindblads stora samling av svenska bruksföremål av plast (figurerna 56 och 57). Vårt projekt presenterades även, dels med en poster (se textruta), dels med ett bildspel i PowerPoint. Varje bild där innehåller ett fotografi och en kort förklarande text. Vi hade framför allt valt ut sådana slags föremål som inte ingår i Lindblads samling, och vi fokuserade på olika plasters hållbarhet, skador och eventuella benägenhet för nedbrytning.

Den 9 juni 2008 anordnade projektgruppen en seminariedag på Nordiska museet med titeln »Morgondagens kulturobjekt«. Seminariedagen, som samlat 120 deltagare från hela landet, kom att bli mycket lyckad. Föredragen presenterades av fyra externa föredragshållare, bland annat Yvonne Shashoua, och projektgruppens egna medlemmar. Programmet för seminariedagen visas i rutan nedan.



Figur 57. Ytterligare några föremål ur Thomas Lindblads stora samling.  
Foto: Anders G. Nord.

#### PROGRAM

#### MORGONDAGENS KULTUROBJEKT

#### Seminarium för bevarande av museala plastföremål den 9 juni 2008 på Nordiska museet

Riksantikvarieämbetet (RAÄ) har under åren 2005–2008 finansierat ett tvärvetenskapligt FoU-projekt om museala plastföremål. Förutom RAÄ har konservatorer vid Nordiska museet, Nationalmuseum och Armémuseum deltagit i projektet, samt externa polymerinstitutioner.

#### Projektledare:

Docent Anders G. Nord, RAÄ.

#### 09.00–09.30 Registrering

– kaffe/te och smörgås

09.30 *Välkomsthälsning* av Nordiska museets styresman Christina Mattsson

**Föredrag.** Ordförande: Kate Tronner, RAÄ

09.45 *Morgondagens kulturobjekt – projekt för bevarande av plastföremål* Anders G. Nord, RAÄ

10.30 *Bevarandesituationen för plaster* Karin Björling Olausson, Nordiska museet

10.45 *Plastproblem på Nordiska museet* Kerstin Jonsson, Nordiska museet  
Kort rast

11.15 *Conservation of plastics – today and tomorrow* Yvonne Shashoua, Danmarks Nationalmuseum

12.00 *Hållbarhetsaspekter på polymera material*

Mats Johansson, KTH Polymerteknologi

#### 12.30–13.45 ca Lunch

13.45 *Plastsoldater – i Armémuseums samlingar idag och i morgon* Christina Halldén Tegnér, Armémuseum

14.05 *Att samla på modernt konsthantverk* Maria Franzon, Nationalmuseum

14.25 *Dockor, generaler och moderatullar – plastexempel ur Moderna Museets samling*

Thea Winther, Moderna Museet

14.50–15.15 Paus med förfriskningar

15.15 *Plastproblem i fotografiskt material*, Torsten Johansson, Kungl. Biblioteket

15.45 *Svensktillverkade bruksföremål av plast*

Thomas Lindblad, plastsamlare

#### 16.20–17.00 ca AVSLUTNING



## 18. UTVÄRDERING OCH SLUTSATSER

Flera viktiga resultat har erhållits genom detta forskningsprojekt. Enkäten och inventeringarna har visat att många plastföremål i museimagasinen uppvisar en eller flera skador på grund av nedbrytning. Föremål som använts under många år har en högre skadefrekvens än oanvända objekt. Förvaringen är mycket viktig eftersom det ofta är svårt att göra aktiva konserveringsingrepp. Några magasinsförhållanden kan ofta förbättras vad gäller ventilation, förvaring, temperatur och så vidare. En sammanfattning av hur plastföremål bör förvaras är en central del av denna rapport. Flera plaster (dock ej alla!) kan med fördel läggas i tillslutna syrefria så kallade AgeLess-påsar eller i frysboxar. Även om kostnaden är stor, bör man överväga användning av utställningsmontrar med inert gas för särskilt ömtåliga eller dyrbara plastföremål. De plastföremål som dokumenterats, undersökts och analyserats har sammanställts i Excel-tabeller. Detta har givit en bra översikt av olika plasters skador, och även underlag för en grov uppskattning av deras sannolika livslängd. Alla uppmätta IR-spektra har lagrats i en referensdatabas. Litteratursökningarna har medfört en omfattande förteckning över relevanta forskningsresultat, och var man kan finna dessa.

Fortfarande återstår naturligtvis många problem att lösa. Kunskapen inom området aktiv konservering är fortfarande starkt begränsad. I framtiden kommer problemen med nedbrytning av plastföremål att bli än större, eftersom de moderna plastföremålen tenderar att bli mer komplexa med fler och varierande tillsatser. Samtidigt kommer också varje år flera nya plaster ut på marknaden. Av miljöskäl kan man förvänta sig att cellulosa i allt högre grad kommer att användas till nya plaster. Fler skadliga tillsatser kommer att fasas ut ur produktionen.

För museipersonal uppstår hela tiden frågor av etisk karaktär. Plastföremål har förvisso ett högt kulturhistoriskt värde, då de återspeglar praktiskt taget all verksamhet i det vardagliga livet. Men ska man verkligen spara på allt, även sådant som bevisligen bara varar

några år? Vilken policy ska man ha för insamling och bevarande av föremål? Vad ska insamlas och bevaras för eftervärlden? Hur ska man på bästa sätt dokumentera objekt som måste kasseras? Vid alla sådana diskussioner bör konservatorer och kemister komma att ingå på ett tidigt stadium, så att museiledningen inte bara förlitar sig på antikvariernas omdömen.

Många andra frågor återstår också att besvara, framför allt spörsmål av kemisk-teknisk natur. Självfallet har vi inte löst alla problem vad gäller nedbrytning och bevarande av museala plastföremål. En fortsättning på projektet bör fokusera mer på praktisk tillämpning inom området aktiv konservering. Man kan i och för sig ge sig i kast med plasternas tillsatser och mer i detalj studera deras påverkan på bevarandet. Med kännedom om halterna för samtliga kemiska tillsatser kan en god uppskattning av den förväntade livslängden göras, under olika förvaringsbetingelser. Men analyserna blir så kostsamma (tiotusentals kronor) att detta aldrig kommer att få någon praktisk tillämpning annat än för mycket dyrbara konstverk av plast.

## 19. TILLKÄNNAGIVANDEN

Projektgruppen vill framföra ett varmt tack till all museipersonal som på många olika sätt hjälpt oss vid vårt arbete med dokumentation och provtagning i de olika museimagasinen. Vi vill på detta sätt tacka Barbro Ilvemo (Göteborgs Stadsmuseum), Martin Andrén och Anna Sanfridsson (Kulturen i Lund), Maria Sundström (Stockholms Stadsmuseum), Kerstin Lekholm (Rööska museet), Lena Wikström och Thea Winter (Moderna Museet) samt Kjell Karlsson, Anders Lindeberg-Lindvet och Nedeljko Begensić (Tekniska Museet).

Vid våra studiebesök har vi alltid blivit mottagna på bästa sätt. Vi kan inte tacka alla som vi träffat vid dessa besök, men vi vill särskilt nämna följande personer: Brenda Keneghan och Suzanne Smith på Victoria and Albert Museum, Hon. Sec. Dick Chambers, Chairman John Russell, Deborah Jaffé och Jen Cruse på Plastics Historical Society, Susan Mossman på Science Museum, Yvonne Shashoua på Danmarks Nationalmuseums Bevaringsavdelning i Brede, Thea van Oosten på ICN i Amsterdam, Anita Quye, Alan Mills och Stuart McDonald på National Museum of Scotland, samt Charles Costain, David Grattan och Scott Williams på Canadian Conservation Institute i Ottawa. Thomas Lindblad har bjudit in projektgruppen att bese, och även ta analysprover från, hans stora samling av svenska bruksföremål av plast, för vilket vi är mycket tacksamma. Torsten Johansson på Kungl. Biblioteket har på ett förtjänstfullt sätt förklarat hur fotografiskt material på bästa sätt ska förvaras.

Under projektets gång har vi vid flera tillfällen haft förmånen att utnyttja polymerteknisk expertis vid olika institut i Sverige, som har hjälpt oss med komplexa frågor rörande plasters tillverkning, tillsatser och nedbrytning. Vi står på detta sätt i stor tacksamhetsskuld till Mats Johansson och Sigbritt Karlsson på KTH:s Institution för Fiber- och Polymerteknologi, Ignacy Jakubowicz och Nazdaneh Yarahmadi vid Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås (SP), Kay Grinneback på IFP Research i Mölndal, och Karin Jacobson som arbetar på



Swerea KIMAB i Stockholm (före detta Korrosions- och Metallforskningsinstitutet).

Vi vill slutligen framföra ett varmt tack till Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse, som genom ett generöst anslag möjliggjort inköpet av vårt svepelektronmikroskop med tillhörande mikroröntgenanalysator, vilket varit till ovärderlig hjälp för oss inom detta och många andra forskningsprojekt.

## 20. REFERENSER OCH LITTERATUR

- Albertsson, A.-C., Andersson, S. O. & Karlsson, S.: The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer degradation and stability* 18 (1987) 73–85.
- Albertsson, A.-C., Barenstedt, C. & Karlsson, S.: Susceptibility of enhanced environmentally degradable polyethylene to thermal and photo-oxidation. *Polymer degradation and stability* 37 (1992) 163–171.
- Albertsson, A.-C. & Karlsson, S.: Environment-adaptable polymers. *Polymer degradation and stability* 41 (1993) 345–349.
- Allen, N. S. & Parkinson, A.: uv derivative absorption spectra of Nylon-66 – effect of photolysis versus photoinduced oxidation. *Polymer degradation and stability* 4 (1982) 239–244.
- Ballany, J. M.: *An investigation of the factors affecting the degradation of cellulose acetate artefacts in museum collections*. Dissertation, University of Strathclyde, Glasgow (2000).
- Bart, J. C. J.: *Additives in polymers – analysis and applications*. DSM Research, The Netherlands. J. Wiley & Sons, New York (2005).
- Billmeyer, F. W.: *Textbook of polymer science*. J. Wiley & Sons, New York (1984).
- Blank, S.: An introduction to plastics and rubbers in collections. *Studies in Conservation* 35 (1990) 53–63.
- Bolin, I. & Gustaver, B. *Den organiska kemien – del 3, teori och praktik*. Bokförlaget Liber, Stockholm (1960).
- Brossas, J.: Fire retardance in polymers – an introductory lecture. *Polymer degradation and stability* 23 (1989) 313–326.
- Brydson, J. A.: *Plastics materials*, 3<sup>rd</sup> ed. Newnes & Butterworths, London (1975).
- Camino, G., Costa, L. & Luda di Cortemiglia, M. P.: Overview of fire retardant mechanisms. *Polymer degradation and stability* 33 (1991) 131–154.
- Clark, T.: *Bakelite style*. Chartwell Books, Edison, New Jersey (1997).

- Clavir, M.: An initial approach to the stability of rubber from archaeological sites and in museum collections. *J. Int. Inst. Conserv., Canadian Group* 7 (1982) 3–10.
- Clough, R. L., Billingham, N. C. & Gillen, K. T. (Eds.): *Polymer durability*. 206<sup>th</sup> National Meeting of the Amer. Chem. Soc., Chicago (1993).
- Cook, P. & Slesson, C.: *Bakelite*. Apple Press Ltd, London (1993).
- Coxon, H. C.: Practical pitfalls in the identification of plastics. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 395–409.
- Derrick, M., Stulik, D. & Ordonez, E.: Deterioration of cellulose nitrate sculptures made by Gabo and Pevsner. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 169–180.
- Doležel, B.: *Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi*. Carl Hanser Verlag, München (1978).
- Edshammar, L. E.: *Plasthandboken – en materialguide för industrin*. Plastforum Nordica. Industrilitteratur, Lidingö (2002).
- Ekström, G., Cedvall, J. O., Ljungh, K., Lundin, B. & Staf, K. O.: *Perstorpsboken – Plastteknisk handbok*. Karlebo Maskinaktiebolag, Stockholm (1980).
- Eriksson, T.: *Ålskade pryll!* Prisma, Norstedt & Söner AB, Stockholm (1999).
- Fjaestad, M., Åkerlund, M. & Bergh, J.-E. (Eds.): Syrefria mikroklimat – förebyggande konservering. Riksantikvarieämbetet Rapport 2003:3, Stockholm (2003) 1–88.
- Friberg, G.: *Gummiboken*. Esselte Studium, Stockholm (1975).
- Grattan, D. W.: The oxidative degradation of organic materials and its importance in the deterioration of artifacts. *J. Int. Inst. Conserv., Canadian Group* 4 (1978) 17–26.
- Grattan, D. W. & Bilz, M.: The thermal ageing of parylene and the effect of antioxidant. *Studies in Conservation* 36 (1991) 44–52.
- Grattan, D. W. & Gilberg, M.: Ageless oxygen absorber – chemical and physical properties. *Studies in Conservation* 39 (1994) 210–214.

- Grattan, D. W. (Ed.): *Saving the twentieth century: The conservation of modern materials*. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (1993).
- Gumargalieva, K. Z., Ivanov, V. B., Zaikov, G. E., Moiseev, Y. V. & Pokholok, T. V.: Problems of ageing and stabilization of poly(vinyl chloride). *Polymer degradation and stability* 52 (1996) 73–79.
- Hall, C.: *Polymer materials*. McMillan Education Ltd, London (1989).
- Heuman, J.: *Material matters*. Tate Gallery Publ., London (1999).
- Horie, C. V.: *Materials for conservation*, 2<sup>nd</sup> ed. Butterworth-Heinemann, Oxford (1994).
- Humphrey, B. J.: The application of parylene conformal coating technology to archival and artifact conservation. *Studies in Conservation* 29 (1984) 117–123.
- Huys, F. & van Oosten, T.: The 'Aeromodeller OO-PL' – the conservation of a PVC balloon. Proc. 14<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Haag (2005) 335–342.
- Johansson, L. U. & Holmberg, J.: *Förebyggande konservering i svenska museer. Tekniska magasinsinventeringen*. Riksantikvarieämbetet, Institutionen för konservering, Stockholm (1990).
- Johansson, L. U. (Ed.): *Förebyggande konservering i svenska museer. Teknisk magasinsinventering*, Riksantikvarieämbetet, Institutionen för Konservering, Publ. RIK-36083025, Stockholm (1994).
- Johansson, L. U. (Ed.): *Teknisk magasinsinventering 1994–1998*. Slutrapport från RAÄ:s Antikvarisk-Tekniska avdelning, Stockholm (1998).
- Johansson, T. Kungl. Biblioteket, Stockholm. Privat kommunikation (2008).
- Karlebo materiallära (Ed. S. Brennert). Karlebo-serien Nr. 5. Karlebo Maskinaktieförlag, Stockholm (1973).
- Karlsson, S., Ljungquist, O. & Albertsson, A.-C.: Biodegradation of polyethylene and the influence of surfactants. *Polymer degradation and stability* 21 (1988) 237–250.
- Katz, S.: *Classic plastics*. Thanul & Hudson, London (1984).
- Keneghan, B.: *Plastics survey of Bethnal Green Museum. The Victoria and Albert Museum, Report*, London (1994).

- Keneghan, B.: Trouble in toyland – Larry the lamb falls to pieces. Tate Gallery Conf. Sept. 1995. Archetype Publications Ltd, London (1995).
- Keneghan, B.: Plastics? – not in my collection! *Conservation Journal* (1996) 4–6.
- Keneghan, B.: Plastic and rubber objects in the collections of the Victoria and Albert Museum. *Museum management & Curatorship* 19 (2002) 321–331.
- Kerr, N. & Batcheller, J.: Degradation of polyurethanes in 20<sup>th</sup> century textiles. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 189–203.
- Kessler, K. & van Oosten, T.: Pesce, polyurethane and what happens today. Results from the Axa Art conservation project in cooperation with the Vitra Design Museum. Proc. 14<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Haag (2005) 343–349.
- Kitto, S.: Plastics in arms and armour in the Royal Arms Collection. *Arms & Armour* 1 (2004) 189–203.
- Kleiner, L., Cedvall, J. & Kjellman, T.: *Perstörpsboken – plastteknisk handbok*. Strömbergs Förlag, Stockholm (1950).
- Klempler, K. & Frisch, K. (Eds.): *Handbook of polymer foams and foam technology*. Hanser Publ., München (1991).
- Lindblad, T.: *Bruksföremål av plast*. Signum, Lund (2004).
- Lorne, A.: The poly(methyl methacrylate) objects in the collection of the Netherlands Institute for Cultural Heritage. Proc. 12<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Lyon (1999) 871–875.
- Lucki, J. & Rånby, B.: Photo-oxidation of polystyrene; part I. *Polymer degradation and stability* 1 (1979) 1–16.
- Lutz, J. T. & Grossman, R. F.: *Polymer modifiers and additives*. Marcel Dekker Inc., New York (2001).
- McGlinchy, C. W.: The physical ageing of polymeric materials. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 113–119.
- Mills, J. S. & White, R.: *The organic chemistry of museum objects*. Butterworths, London (1987).

- Morgan, J.: Conservation of plastics. An introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care. *Plastics Historical Society*, The Conservation Unit, Museums & Galleries Commission, London (1991) 1–55.
- Morgan, J.: A survey of plastics in historical collections. *Plastics Historical Society*, The Conservation Unit, Museums & Galleries Commission, London (1994) 1–27.
- Morgan, J. & Selwyn, L.: Born to die? – A conservator's guide to synthetic and semi-synthetic plastics in museum collections. *Museums and Galleries Commission*, University of Wales, Cardiff (1991).
- Nicholson, J. W.: *The chemistry of polymers*, 2<sup>nd</sup> ed. Royal Academy of Chemistry, Cambridge (1994).
- Nilén, L.: *Polyuretan i museisamlingar – går skumplast att bevara?* Examensarbete, Inst. för kulturvård, Göteborgs universitet (1999).
- Nord, A. G. & Eriksson, M.: *Plastbundna sprängämnen*. Försvarets Forskningsanstalt, Rapport C 20732-2.3 (1988) 1–73.
- Nord, A. G., Tronner, K., Lampel, K., Franzon, M., Björling Olausson, K., Jonsson, K., Mattsson, E. & Johansson, M.: Lägesrapport för rou-projektet »Morgondagens kulturarv – projekt för bevarande av plastföremål«. Riksantikvarieämbetet, Stockholm (2005) 1–32.
- Nord, A. G., Tronner, K., Lampel, K., Björling Olausson, K., Jonsson, K., Franzon, M., Halldén-Tengné, C., Mattsson, E. & Johansson, M.: Lägesrapport Nr 2 för rou-projektet »Morgondagens kulturarv – projekt för bevarande av plastföremål«. Riksantikvarieämbetet, Stockholm (2006) 1–43.
- Nord, A. G., Tronner, K., Christensson, A. M., Hydman, H., Jonsson, K. & Mattsson, E.: *Bevarande av industriellt tillverkade bruksföremål i metall – material, tillverkning, skador, rengöring och förvaring*. Riksantikvarieämbetet, Rapport 2005:1, Stockholm (2005) 1–63.
- van Oosten, T. & Aten, A.: Life long guaranteed – the effect of accelerated ageing Tupperware objects made of polyethylene. Proc. 11<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Edinburgh (1996) 971–977.
- van Oosten, T.: *A survey of problems with »early« plastics*. Contributions to conservation from the ICN (Netherlands Institute for Cultural Heritage), (Eds. Mosk & Tennent), Amsterdam (2002) 87–96.

- Pascoe, M. W.: Parylene coatings – some considerations on the reversibility of vapour formed coatings. *Studies in Conservation* 30 (1985) 100–110.
- Pettersson, D.: *Skadebildsdokumentering av plast- och gummiföremål i Nordiska Museets samlingar*. Examensarbete, Inst. för kulturvård, Göteborgs universitet (1996).
- Quye, A. & Williamson, C.: *Plastics – collecting and conserving*. NMS Publ., Edinburgh (1999).
- Reilly, J. A.: Celluloid objects – their chemistry and preservation. *Amer. Inst. Conserv. Historic & Artistic works* 30:2 (1991) 145–162.
- de la Rie, R.: Polymer stabilizers. A survey with reference to possible applications in the conservation field. *Studies in Conservation* 33 (1988) 9–22.
- Rånby, B. & Rabek, J. F.: *Photodegradation, photooxidation and photostabilization of polymers*. J. Wiley & Sons, London (1975).
- Sale, D.: An evaluation of eleven adhesives for repairing PMMA objects and sculpture. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 325–336.
- Sale, D.: Standing out like a sore thumb – a damaged sculpture made of three synthetic polymers. Tate Gallery Conf. Sept. 1995, Archetype Publications Ltd, London (1995) 98–103.
- Scalarone, D., Chiantore, O. & Learner, T.: Ageing studies of acrylic paints – part II. Proc. 14<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Haag (2005) 350–357.
- Schaffer, E.: Fiber identification in ethnological textile artifacts. *Studies in Conservation* 26 (1981) 119–129.
- Schilling, F. C. & Kuck, V. J.: Determination of stabilizer concentrations in polyethylene. *Polymer degradation and stability* 31 (1991) 141–152.
- Severini, F., Gallo, R. & Ipsale, S.: Environmental degradation of polypropylene. *Polymer degradation and stability* 22 (1988) 185–194.
- Shashoua, Y., Bradley, S. M. & Daniels, V. D.: Degradation of cellulose nitrate adhesive. *Studies in Conservation* 37 (1992) 113–119.
- Shashoua, Y.: Research into plastics and rubbers in the British Museum. Proc. Conf. Conservation Science in UK, Glasgow (Ed. N. B. Tennant) (1993) 44–47.

- Shashoua, Y.: A passive approach to the conservation of PVC. Proc. 11<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Edinburgh (1996), Vol. II, 961–966.
- Shashoua, Y.: Ageless oxygen absorber: from theory to practice. Proc. 12<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Lyon (1999) 881–887.
- Shashoua, Y.: Ageless – from theory to practice. Proc. 12<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Lyon (1999) 888–893.
- Shashoua, Y.: Deterioration and conservation of plasticized polyvinylchloride objects. Proc. 13<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Rio de Janeiro (2002) 927–934.
- Shashoua, Y.: Inhibiting the deterioration of plasticized polyvinylchloride in museum collections. Proc. Conf. Conservation Science in UK, Edinburgh (2002) 58–64.
- Shashoua, Y.: Storing plastics in the cold – more harm than good? Proc. 14<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Haag (2005A) 358–364.
- Shashoua, Y.: Personal communication (2005B).
- Shashoua, Y.: *Conservation of Plastics*. Butterworths, London (2008).
- Shashoua, Y., Bradley, S. M. & Daniels, V. D.: Degradation of cellulose nitrate adhesive. *Studies in Conservation* 37 (1992) 113–119.
- Shashoua, Y. & Thomsen, S.: A field trial for the use of AgeLess in the preservation of rubber and museum plastics. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 363–370.
- Shashoua, Y. & Ward, C.: Plastics – modern resins with ageing problems. Proc. 2<sup>nd</sup> Resins Conf., Aberdeen (1995) 33–37.
- Shashoua, Y. & Christensen, C.: Plastic på museum. Historik, nedbrytning og bevaring. Nationalmuseets Arbejdsmark, København (2002) 85–100.
- Skowronski, T. A., Rabek, J. F. & Rånby, B.: Photo-oxidation of copolymers of butadiene and acrylonitrile. *Polymer degradation and stability* 5 (1983) 173–188.
- Sparke, P.: *The plastics age*. Victoria and Albert Museum Publ., London (1993).
- Stewart, R. A., Littlejohn, D., Pethrick, A., Tennent, N. H. & Quye, A.: The use of accelerated ageing tests for studying the degradation of cellulose nitrate. Proc. 11<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Edinburgh (1996) 967–970.



- Stewart, R. A.: *Analytical studies of the degradation of cellulose nitrate artefacts*. Dissertation, University of Strathclyde, Glasgow (1997).
- Storm, E. *Materiallära*. Svenska Bokförlaget, Stockholm (1966).
- Tronner, K., Nord, A. G., von Arronet, D., Mattsson, E. & Brandt, A.: *Undersökning av en unik färgprovsamling på Kungl. Konsthögskolan*. Riksantikvarieämbetet Rapport 2006:1, Stockholm (2006) 1-100.
- Ward, C. & Shashoua, Y.: Interventive conservation treatments for plastics and rubber artifacts in the British Museum. Proc. 12<sup>th</sup> Triennial ICOM Meeting, Lyon (1999) 888-893.
- Wicks, Z. W., Jones, F. N. & Pappas, S. P.: *Organic coatings – science and technology*. J. Wiley & Sons, New York (1993).
- Wilkie, C. A.: TGA/FTIR – an extremely useful technique for studying polymer degradation. *Polymer degradation and stability* 66 (1999) 301-306.
- Williams, R. S.: Composition implications of plastics artefacts – a survey of additives and their effects on the longevity of plastics. Saving the twentieth century: The conservation of modern materials. Symposium Ottawa 1991. Communications Canada, Ottawa (publ. 1993) 135-151.
- Winther, T.: Inside 'Model for the little general' – an analysis of the materials and technique of a multi-component structure by Öyvind Fahlström. Examensarbete, Inst. för Kulturvård, Göteborgs Universitet (2007).
- Zijmans, M. (Ed.): *Modern art – who cares?* Foundation of conservation of modern art, Beeldrecht, Amstelveen (1999).





33

45

78

# APPENDIX 1.

## Dokumentation och analysresultat

### EGNA PLASTFÖREMÅL, OBJEKT FRÅN RAÄ SAMT KURSMATERIAL

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-101	Gammal kniv, skaftet	svart	hårt	ca 1900	repor	CN = cellulosanitrat	
Eget-102	Gammal kniv, skaftet	gul	hårt	ca 1950	mycket krackelerat	PA = polyamid	
Eget-103	Stekspade	svart	hård	ca 1990	repor	PA	
Eget-104	Ugnstermometer	vit	styv	ca 1980	inga	ICN: polyimid (?)	Sadtler: polysulfon
Eget-105	Kam	brun	styv	ca 1960	repor	PP	
Eget-106	Tejphållare	svart	hård	ca 1970	inga	ICN: PS	
Eget-107	Mejselskaft	grön	hårt	ca 1960	repor	PS	
Eget-108	Mejselskaft	gul	hårt	ca 1950	repor	cellulosatriacetat	
Eget-109	Elkabel	vit	flexibel	ca 1990	inga	PVC	
Eget-110	Schollsandal, konstläder	svart	flexibel/hård	ca 1960	sprickor, hårdnat	PVC + färg	
Eget-111	Schollsandal, konstläder, insidan	svart	flexibel	ca 1960	sprickor	polyester	
Eget-112	Skosula (Scholl)	beige	ngt böjlig	ca 1960	sprickor, litet svampig	PU = polyuretan	underdel konstgummi
Eget-113	Livrem	svart	flexibel	ca 2000	inga	skinn (protein)	
Eget-114	Byxtyg	beige	fibrer	ca 2000	inga	polyester	
Eget-115	Stödstrumpa	ljusbeige	fibrer	ca 2000	inga	nylon (PA)	
Eget-116	Nylonstrumpa, tunn	blå	fibrer	ca 2000	inga	nylon (PA)	
Eget-117	Nylonstrumpa, tunn	svart	fibrer	ca 2000	inga	nylon 66	
Eget-118	Nylonstrumpa, tjockare	mörkblå	fibrer	ca 2000	inga	nylon 66	
Eget-119	Badbyxa	svart	fibrer	ca 2000	inga	nylon 66	
Eget-120	Terylenbyxa, tjockt tyg	beige	fibrer	ca 2000	inga	terylen (polyester)	
Eget-121	Tyg, tjockt	mörkblå	fibrer	ca 2000	inga	nylon 66	
Eget-122	Telefonkåpa	grön	hård	ca 1980	inga	ICN: styrenakrylnitril	
Eget-123	Penna (Japan)	grå	styv	ca 2000	inga	PP	
Eget-124	Sax, handtaget	grön	hårt	ca 2000	inga	styrenakrylnitril	
Eget-125	Äggkokare, locket	ofärgat	styvt	ca 1980	sprickor, blåsor	styrenakrylnitril	
Eget-126	Babyhakklapp	ljusblå	flexibel/mjuk	ca 2000	inga	PE	
Eget-127	O-ring	svart	mjuk	ca 2000	inga	gummi	Ej Viton!
Eget-128	Gaffelskaft	gult	hårt	ca 1930	småsprickor	CN	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-129	Glasögonskalmar	brun	styva	ca 1930	missfärgat, sprickor, krackelerat	CA-variant	
Eget-130	Teflonbägare, tjockväggig	vit	hård	ca 1990	inga	teflon	lätt att skära i
Eget-131	Stor kladdig låda	färglös	mjuk	ca 1970	repor, kladdig insida	ICN: PE + epoxidized oil	
Eget-132	Sladdrig plast	röd	sladdrig	ca 1990	inga	ICN: styrenbutadiengummi	
Eget-133	Skumplast, hård och porig	svart	styv	ca 2000	inga	PVC-liknande	
Eget-134	Förpackning för chokladpraliner	mörkbrun	styv	ca 2000	inga	ICN: polyetylentereftalat, PET	
Eget-135	Slickepott, mjuka nederdelen	vitgul	mjuk	ca 1970	svampig, trasig, sprickor, missfärgad	ICN: gummi och CaCO3	konstgummi?
Eget-136	Resårband	svart	elastiskt	ca 1990	inga	nylon	PU syns ej i IR-spektrum
Eget-137	Gaffelskaft	röd	hårt	ca 1960	obetydliga	PS	
Eget-138	Gaffelskaft	vit	hårt	ca 1960	inga	styrenakrylnitril	
Eget-139	Tunnare stödstrumpa »Mabi«	grå	fibrer	ca 2000	inga	nylon (PU syns ej)	enl. uppgift 30 % PU
Eget-141	Flickhandväska	röd	flexibel	ca 1955	inga	PVC, alkyd (färg?)	
Eget-142	Leksaksbil	blandat	styv	ca 1955	inga	PS	
Eget-143	dito, hjulen	grön	hårda	ca 1955	inga	PE/neopolen	
Eget-144	Leksaksbil	grön	styv	1980?	inga	PVC m.m.	
Eget-145	Kapsylöppnare	röd	hård	1990?	inga	PS	
Eget-146	Apelsinskalare	gul	styv	?	inga	PS	
Eget-147	Klädgalge	svart	styv	ca 1980	inga	PS	
Eget-148	Klädgalge	vit	styv	ca 1980	inga	PP	
Eget-149	Badmössa, engångs-	ofärgad	flexibel	ca 2000	inga	PE-LD	
Eget-150	Knapp, stor	mörkgrå	hård	ca 1940?	inga	kasein	
Eget-151	Knapp, stor	vit	hård	ca 1940?	inga	kasein	
Eget-152	Knapp, utsidan	röd	hård	1960?	inga	polyamid	
Eget-153	Knapp, insidan	vit	hård	1960?	inga	polyamid	
Eget-154	Knapp, pärlemorliknande yta	vit	hård	ca 1940?	inga	mest krita	
Eget-155	Knapp	grågrön	hård	ca 1940?	inga	kasein	
Eget-156	Knapp, blank	svart	hård	?	inga	alkyd?	
Eget-157	Knapp	svart	hård	ca 1940?	inga	kasein	
Eget-158	Knapp med gult tyg	vit	hård	?	inga	PP	
Eget-159	Spänne till skärp	röd	hårt	ca 1960?	inga	kasein	
Eget-160	Apoteksburk	vit	mjuk	ca 2000	inga	PE-LD	
Eget-161	Äggsked	orange	styv	1970?	inga	PS	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-162	Äggsked	gul	styv	1970?	inga	PS	
Eget-163	Reflexbricka »Tyrannosaurus Rex«	vit	hård	1980	inga	PS	
Eget-164	Äggklocka	vit	hård	1990	inga	styrenakrylnitril	
Eget-165	Öppnare	vit	styv	1980?	inga	PP	
Eget-166	Skål Tupperware	vit	styv	1980?	inga	LDPE	
Eget-167	Plastkruka	brun	styv	2000	inga	PP	
Eget-168	Plastsnöre	svart	något flexi- belt	2000	inga	PVC m.m.	
Eget-169	Elkabel, grov	svart	flexibel	2000	inga	PVC + ?	
Eget-170	Gaffel, liten, skaftet	svart	hårt	ca 1950	inga	PS	
Eget-171	Matkniv, skaftet	svart	hårt	ca 1940	inga	kasein	
Eget-172	Slickepott, skaftet	vit	styvt	1970	inga	etylenpropenstyren	
Eget-173	Slickepott, spaden	vit	flexibel	1970?	inga	ICN: etylenpropen- styren	
Eget-174	Frimärkspåse, tunn	ofärgad	flexibel	ca 1940	skör, skrynklig	cellulosaacetat	
Eget-175	Frimärkspåse, tjockare	ofärgad	flexibel	ca 1940	skrynklig	cellulosaacetat	
Eget-176	Pergamynkuvert	opak	flexibelt	1940	inga	cellulosa	
Eget-177	Tandborstmugg	ljusgrön	ganska mjuk	ca 1950	repig, smutsig	PE	mycket använd
Eget-178	Burklock	röd	hårt	ca 1980	inga	PP	
Eget-179	Burk till ovanstående	ofärgad	hård	ca 1980	repor	PS	
Eget-180	Halkskydd	beige	mjukt	1980	fragmenterat	nedbrutet gummi	
Eget-181	Schollsko, insidan	beige	mjuk	1970	smuts	skinn (protein)	
Eget-182	Schollsko, sulan	svart	styv	1970	små sprickor	ICN: styrenbutadien- gummi	konstgummi?
Eget-183	Regnrock	blå	ganska mjuk	1960?	något styv	PVC	
Eget-184	Damtoffla	beige	styv	1970	sprickor, miss- färgat	PVC	
Eget-185A	Gröna stövlar, blank utsida	grön	stel	ca 2000!	sprickor, frag- mentering, styv	ICN: styrenbutadien- gummi	SBR-rubber, nedbrutet!
Eget-185B	dito, »bulken«	grön	stel	ca 2000!		ICN: SBR och CaCO <sub>3</sub>	
Eget-185C	dito, stövelns inre skikt	grön	stelt	ca 2000!		ICN: SBR och CaCO <sub>3</sub>	
Eget-186	Myntficka (skyddsfilm)	färglös	mjuk	ca 2000!	inga	polyester	
Eget-187	Duschdraperi	blå	sladdrigt	ca 1990?	klistrigt, skrynkligt	polyester, »Melinex«	
Eget-188	Plåster, vitt	vit	sladdrigt	ca 2000	inga	PE	
Eget-189	dito, skära delen med små hål	skär	sladdrigt	ca 2000	inga	PE	
Eget-190	Plastask	vit	stel	ca 1970	kladdig, defor- merad	PE	
Eget-191	Plastask, locket	röd	stelt	ca 1970	kladdigt, defor- merat	PE	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-192	Elkontakt från radioapparat	brun	hård	ca 1930	inga	cellulosatriacetat + fyllmedel	
Eget-193	Konstblomma	grön	mjuk	ca 1990	inga	PE + vax	
Eget-194	Tyg från rulle	vit	mjukt	1970?	fragmenterat	PP	
Eget-194B	dito	vit/beige	mjukt	1970?	fragmenterat	PP	
Eget-195	Frigolitkub	ljusblå	mjuk	1970?	smulig	PS	
Eget-196	Barnstövel	röd	hård	1960	hård, sprickor, fragmenterad, färgändring	PVC	
Eget-197	Konstgjort blad	grön	mjukt	2000	inga	akryl	
Eget-198	Sil, nätet	vit	flexibelt	1960	fragmenterat	PP	
Eget-199	Bricka	gulbeige	styv	1940	fragmenterad, sprickor, missfärgad	CN	
Eget-200	Gummiduk	violett	styv	1970	sprickor	åldrat gummi	
Eget-201	Polykarbonat (kanalplast)	ofärgad	hård	ca 2000	inga	PC	
Eget-202	Paraloid B72 (lim)	ofärgad	lim	ca 2000	inga	akrylat	
Eget-203	Vinylhandskar	ofärgad	flexibla	ca 2000	inga	PVC (+ ?)	
Eget-204	PE-alveolit	svart	svampig	ca 2000	inga	ICN: PE + PVA	
Eget-205	PP-kanalplast	ofärgad	styv	ca 2000	inga	PP	
Eget-206	PVC skummad	ofärgad	svampig	ca 2000	inga	PVC-liknande	
Eget-207	Polyuretan, skumplast	grå	svampig	ca 2000	inga	PU	
Eget-208	Polystyren, frigolit	vit	flexibel	ca 2000	inga	PS	
Eget-209	PE cellplast »neopolen«	vit	flexibel	ca 2000	inga	PE	
Eget-210	PE skumplast »Ethafoam«	vit	flexibel	ca 2000	inga	PE	
Eget-211	PE plastpåse	ofärgad	flexibel	ca 2000	inga	PE	
Eget-212	Silikon gjutmassa	ofärgad	flexibel	ca 2000	inga	silikongummi	
Eget-213	Polyester »Melinex«	vit	styv	ca 2000	inga	polyester	
Eget-214	PE »Plastazote«	blå	svampig	ca 2000	inga	PE-liknande	
Eget-215	PMMA plexiglas	ofärgad	styvt	ca 2000	inga	akrylat	
Eget-221	Plastgem	grön	styvt	2000	inga	PS	
Eget-222	Engångsmugg	färglös	styv, spröd	2000	inga	PS	
Eget-223	Engångsgaffel	vit	styv	2000	inga	PS	
Eget-224	Engångspipett	opak	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-225	Plastgaffel	vit	styv	2000	inga	PS	
Eget-226	Plastlock	ofärgad	mjukt	2000	inga	PE	
Eget-227	Plastlock »2283«	vit	mjukt	2000	inga	PE	
Eget-228	Lock	orange	styvt	2000	inga	PP	
Eget-229	Flaskpropp	blå	hård	2000	inga	PP	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-230	Skumgummikub	vit	mjuk	2000	inga	PE/LD	
Eget-231	Diskborste, skaftet	gul	stvt	2000	inga	PP	
Eget-232	Diskborste, borsten	gul/blå	hård	2000	inga	polyester	Design L. Horn
Eget-233	Musmatta, baksidan	svart	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-233b	Musmatta, framsidan	blå	mjuk	2000	inga	PVC	
Eget-234	Kleenexhållare	vit	styv	2000	inga	PS	
Eget-235	Lock till pepparkaksburk	brun	stvt	2000	inga	PP	
Eget-236	Plastmapp »Vuxensko-lan«	ofärgad	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-237	Skumplast	vit	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-238	Toa-hållare	glasklar	hård	2000	inga	plexiglas	
Eget-239	Skumplast från matta	beige	mjuk	1980	«tufsig«	PU	
Eget-240	Elkabel	vit	flexibel	1980	gulnat, sprickor	PVC	
Eget-241	Kabelfästare	grå	hård	2000	inga	PP	
Eget-242	Plastplugg	röd	flexibel	2000	inga	PE	
Eget-243	Kapsyl, stor	gul	flexibel	1990	inga	PE	
Eget-244	Kapsyl, mindre	vit	hård	1980	repig, kletig	PE	
Eget-245	Kam	brun	flexibel	1960	bucklig, böjd	cellulosatriacetat	
Eget-246	Barbiedockans byxa	orange	mjuk	1970	sprickor, mörknat (brun), trasig	nedbrutet gummi	
Eget-247	Barbiedockans stövel	orange	styv	1970	inga	LDPE	
Eget-248	Boll	blå	styv	1970	repig på utsidan (blåa färgen)	klorerad PE (42 % Cl)	
Eget-249	Vattenflaska »Giro d'Italia«	vit	styv	1970	vit utfällning inuti	PE	
Eget-250	Kapsyl	grön	hård	1970	(äcklig)	PE	
Eget-251	Sked Danish Design 2524 NK	gul	hård	2005	inga	melamin	
Eget-252	Flasklock, stort	blå	hårt	ca 2000	inga	PE	
Eget-253	Kaffebryggare, del	ofärgad	styv	ca 1970	sprickor	PP	
Eget-254	Skål, tunnväggig	violett	sladdrig	?	inga	PET »Melinex«	
Eget-255	Karlssons klister	ofärgad	lim	ca 2000	inga	CN m.m.	
Eget-256	Mikrokokki-ask	vit	styv	?	inga	PP	
Eget-257	Burklock	vit	mjukt	?	inga	PE-LD	
Eget-258	Liten sked, skaftet	gulvit	hård	ca 1900	sprickor, avflagningar	CA	
Eget-259	Tandborste	gul	styv	2000	inga	PP isotactic	
Eget-260	Tandborste Jordan	svart	styv	2000	inga	PP	
Eget-261	Vinglas från Saron, Göteborg	ljusblå	stvt	1980?	inga	PP	
Eget-262	Leksak »Rymdmänniska«	illgrön	hård	1990?	inga	akrylat	



LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-263	Skål från Saron, Göteborg	svart/brun	mycket hård	1990?	inga	ICN: bakelit, brun = svart	
Eget-264	EP-skiva	svart	styv	ca 1960	mekaniska (repor)	PVC - vinyl	
Eget-265	Citronpress »Jofra«, tysk	rödbrun	mycket hård	ca 1950	inga	bakelit	
Eget-266	Pampuschfodral, insidan	rödbrun	mjuk	ca 1950	inga synliga skador	latex	
Eget-267	Pampuschfodral, utsidan	skotskrutig	mjuk	ca 1950	inga synliga skador	cellulosatriacetat	
Eget-268	Pampuschfodral, tunt skydd	genomskinlig	mjukt	ca 1950	svag missfärgning	PE	
Eget-269	Pampuscherna, rött foder	röd	mjukt	ca 1950	inga	något gummi + oljefärg	
Eget-270	Pampuscherna, svarta utsidan	svart	mjuk/styv	ca 1950	skrynklig, styvnad	åldrat gummi	
Eget-271	Iskubsform	ofärgad	flexibel	ca 2000	inga	PE	
Eget-272	Armerad slang »Industrial«	vit/grå	hård	ca 1900	inga	PVC	
Eget-273	Skumplastkub	vit	styv	ca 1990	inga	PE	
Eget-274	Mätkolv	vit	styv	ca 1990	inga	PP	
Eget-275	Kapsyl Hammarplast	vit	flexibel	1960	sprickor, har mjuknat	LDPE	
Eget-276	Laboratorieslang	vit	mjuk	ca 1990	inga synliga skador	ICN: polyisobutylene	yllmedel: kaolin
Eget-277	Dörrstopp	grå	mjuk	1960	sprucken, svampig, mjuknat	styrenbutadien	
Eget-278	Liten labb-tratt	vit	styv	1990	kletig	PP	
Eget-279	Sugrör	grön	flexibelt	2000	inga	PP	
Eget-280	Gammal penna »Esterbrook«, USA	gråspräcklig	hård	1950	inga	CN	
Eget-281	Papiljott	grön	flexibel	1980	inga	LDPE	
Eget-282	Pinne till papiljott	vit	flexibel	1980	inga	PP	
Eget-283	»Carmen Curlers«	vit	hårda	1995	inga	PP	
Eget-284	Flaskpropp (labb-artikel)	grå	mjuk	1970-tal	usel: svampig, sprickor, missfärgad	ICN: styrenbutadiengummi, talk	
Eget-285	Scotch-Brite, gul skumplast	gul	mjuk	1990	inga	PVC-liknande	
Eget-286	Scotch-Brite, gröna slipytan	grön	styv	1990	inga	?	
Eget-287	Blå skumplast	blå	styv	1990	inga synliga skador	PE	
Eget-288	Knivskaft (Brasilien)	mörkblå	hårt	1970	inga	PP	
Eget-289	Kapsyl	röd	hård	1990	inga	PP	
Eget-290	Medicinkopp, tunnväggig	ljusröd	flexibel	1980	repig	PP	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-291	Laboratoriebägare	vit	flexibel	1980	repig, kletig, gulnat	PE	
Eget-292	Tunn plastduk	beigebrun	mjuk	1990	sladdrig	PVC	
Eget-293	Gem	grön	styvt	1990	skört	PS	
Eget-294	Engångsbägare	glasklar	styv	2000	skör	PS	
Eget-295	Tjockväggigt rör	glasklar	hårt	2000	inga	PMMA	
Eget-296	Tjock plastfolie	vit	styv	2000	inga	opak AgeLess	
Eget-297	Tunn plastfolie	genomskinlig	mjuk	2000	inga	PP	
Eget-298	Instrumentlock	grå	hårt	1960?	missfärgat (gulnat)	poly(2,6-dimetyl-p-fenyleneoxid)	
Eget-299	Pappershållare Kimberly-Clark	vit	hård	1990	inga	PS	
Eget-300	Laboratorieplastduk	vit, mönstrad	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-1301	Tjockare stödstrumpa	grå	flexibel	2000?	gulnat	nylon-6,6	
Eget-1302	Silikongummi	grå	svampigt	2000	inga	silikongummi	
Eget-1303	Plastfilm	ljusgrå	sladdrig	1980?	faller sönder, sladdrig, mörknat	LDPE	
Eget-1304	Slickepott	vit	mjuk	1960?	klibbig, gulnat, sprickor	akrylplast	
Eget-1305	Resårband	vit	mjukt	2000	svampigt, fnasigt, gulnat	polyester	
Eget-1306	Elefantväckarklocka	vit	hård	1980	gulnat	PS	
Eget-1307	Resväska Samsonite	blå	styv	2007	inga	PP	
Eget-1308	Gummisnodd	beigebrun	sladdrig	2000?	mörknat, styvnat	åldrat gummi	
Eget-1309	Skumgummibit	brun	fnasig	1970	söndersmulad, fragmenterad, mörknat	PU	
Eget-1310	Bubbelplast	ofärgad	mjuk	2000	inga	PE	
Eget-1311	Damstövel	skär	styv	1960	fragmenterad, styv, bucklig, missfärgad	PVC	
Eget-1312	Konstgjord blomma	grön	mjuk	1980	sladdrig, missfärgad	polyester	
Eget-1313	Skumplast	svart	pulver!	1960	uruset: klibbig, pulvriserad, färgar av sig	PU	
Eget-1314	Förpackningsmaterial	vit	smuligt	1970	uselt: fragmenterat, smuligt	PP	
Eget-1315	Ask	ofärgad	hård	1950	uruset: fragmenterad, missfärgad, sprickor	CN	
Eget-1316	Plaströr	svart	hårt	1990	inga skador	HDPE	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-1317	Snöre av plast	lila	mjukt	1990	inga	PP	
Eget-1318	Plastpärm Perkin-Elmer	vit	styv	2000	inga	?	
Eget-1319	Melittatratt, insidan	brun	hård	1980	inga	PP	
Eget-1320	Melittatratt, utsidan	brun	hård	1980	vit utfällning = kalk (enligt SEM/EDS)	PP	
Eget-1321	Frigolitbit	vit	svampig	2000	inga	PS	
Eget-1322	Mätkolvspropp	färglös	styv	1990	inga	PP	
Eget-1323	Tillbringare	röd, matt	styv	1980	matt färg (blekt)	PP	
Eget-1324	Chokladfolie	svart	elastisk	2006	inga	PS	
Eget-1325	Chokladfolie	beige	elastisk	2007	inga	PP	
Eget-1326	Starkt plastband till förpackning	vit	styvt	2007	inga	PP	
Eget-1327	Chokladfolie	vit	mjuk	2007	inga	cellulosaprodukt	
Eget-1328	Plastpåse märkt PE-LD	ofärgad	mjuk	2000	inga	PE-LD	
Eget-1329	Skål Hammarplast	blå	styv	1950	inga	PE	
Eget-1330	Burk »Champion«	beige	mjuk	1950	kladdig, repig, luktar illa	PE	
Eget-1331	Skål	ljusblå	mjuk	1950	repig, nött	PE	
Eget-1332	Skål Hammarplast	vit	styv	1950	kladdig, repig	PE	
Eget-1333	Citronpress	gul	hård	1950	inga	kasein	
Eget-1334	Citronpress	ljusgul	hård	1950	inga	kasein	
Eget-1335	Bärkorg Hammarplast	gul	flexibel	1950	bucklig	PE	
Eget-1336	Vattenkanna	gul	styv	1950	inga	PE	
Eget-1337	Stor flaska »Polva«	ofärgad	styv	1950	luktar äckligt	PE-LD	
Eget-1338	Plastlock »Sarvis« (Finland)	orange	flexibelt	1960	bucklig	PE	
Eget-1339	Leksaksgubbe	röd	flexibel	2005	redan kladdig!	PVC	
Eget-1340	Hålslev	gul	styv	1970?	inga	PE	
Eget-1341	Hålslev	vit	styv	1970?	inga	PE	
Eget-1342	Ikea-väska	blå	flexibel	2007	inga	PP	
Eget-1343	Gymnastikskor, foder	grå	luddigt	1980	inga	cellulosamaterial	
Eget-1344	Gymnastikskor, sula	svart	svampig	1980	sprickor	asfalt = nedfläckad av asfalt	
Eget-1344A	Gymnastikskor, sula	gulaktig	svampig	1980	fnsig, svampig, sprickor	nedbrutet gummi	
Eget-1345	»Skriet«, figur enl. Edvard Munch	svart	hård	1990	inga	polyester	
Eget-1346	Plastsked	blå	styv	2000	inga	PS	
Eget-1347	Väska	röd	flexibel	1970	repor, bucklig, kladdig	PVC	

LÖPNR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	DATERING	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANMÄRKNINGAR
Eget-1348	Packmaterial från Litauen	vit	flexibelt	2000	inga	PP	
Eget-1349	Objektglas	gul (nu!)	hårt	1990	missfärgat	PS	
Eget-1350	Is kubform	ofärgad	hård	2000	inga	PE	
Eget-1351	Burk (Thailand)	vit	flexibel	2000	svampig, missfärgad	PP	
Eget-1352	Lock till ovanstående	blå	flexibelt	2000	inga	PE	
Eget-1353	Tallriksunderlägg	ljusgrön	flexibelt	1990	buckligt	PVC	
Eget-1354	Mugg Hammarplast (A Darnell)	rosa	hård	1980	inga	PS	
Eget-1355	Plasttapet	vit	flexibel	1980	inga	PVC	
Eget-1356	Plastflaga	violett	hård	1960	inga	kasein	
Eget-1357	Burk »Italy«	ofärgad	styv	1970	repig, kladdig	PP	
Eget-1358	Lock till dito	ljusblå	styvt	1970	repigt	PE	
Eget-1359	Tomte	grön	mjuk	2007	inga	PP	
Eget-1360	Tillbringare Hammarplast	röd	hård	1980	inga	LDPE	
Eget-1361	Äggkopp	röd	styv	1990	inga	PS	
Eget-1362	Plastlock	vit	styvt		inga	PE	
Eget-1364	Stabilo-Termos, gum-miring	mörkröd	flexibel	1980	svampig, missfärgad	nedbrutet gummi	
Eget-1365	Stabilo-Termos, mugg	gul	hård	1980	inga	kasein	
Eget-1366	PET-flaska	ofärgad	styv	2007	inga	PET	
Eget-1367	OH-film	ofärgad	flexibel	2007	inga	PET	
Eget-1368	Engångsmugg, biologiskt nedbrytbar	ofärgad	skör!	2007	inga	liknar cellulosaopionat	
Eget-1369	Leksakshäst, ben	brun	styva	1980	svampiga, bräckliga	cellulosaprodukt	
Eget-1370	Leksakshäst, sadel	gul insida	svampig	1980	svampig, sprickor, fragmenterad	nedbrutet gummi	
Eget-1371	Leksakshäst, svans	svart	flexibel	1980	inga	nylon	
Eget-1372	Stol	grön	hård	1990?	kraschade när någon satte sig i stolen	PS samt något mer	C = O topp tydlig i IR-spektrum
Eget-1373	Modern kaffeomrörare	gul	mjuk	2007	inga	PS	
Eget-1374	Lufthansapåse	färglös	styv	2007	»prasslig«, skör	cellulosaprodukt	
Eget-1375	Byxgalge	svart	styv	1990	brustit på många ställen	PS	

## PLASTFÖREMÅL FRÅN NORDISKA MUSEET

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANM.
NM-1	NM319.258	Torkställning för plast-påsar, sugkopp	gråvit	flexibel		1960	uselt	gulnat, sprickor	vinyl	
NM-2	NM319.258	Torkställning, plast på metalltråd	vit	styv		1960	skapligt		vinyl	
NM-3	NM300.236	Kökssil, grovt nät	gul	styv	Tyskland	1976	uselt	gulnat, klubbigt	PE	
NM-4	NM300.236	ditto, skافتet	grön	styvt		1976	skapligt	smutsigt	PE	
NM-5	NM281.418	Skål, inuti	ljusgul	flexibel		1950	dåligt	gulnat, klubbigt, repor, märkskada	PE, vax (matrester?)	
NM-6	NM281.418	Skål, utanpå	ljusgul	flexibel		1950	dåligt	brun nedtill	PE	
NM-7	NM282.852	Tillbringare	ljus gulgrön	styv	NilsJohan	1950	dåligt	bleknat, klubbigt, repig, nött, smutsigt, märkskada	PE	
NM-8	NM316.291	Ask Tupperware	skär	styv		fv 1991	skapligt	klubbigt	PE	
NM-9	NM316.291	Lock till ovanstående	vit	flexibelt		fv 1991	skapligt	kletig, repig, krympt?	PE	
NM-10	NM292.323	Ask Skaraplast »Eten-boxen«	gulvit	flexibel	Skara	fv 1974	skapligt	gulnat, kletig, repor, nött	PE + vax(?)	
NM-11	NM292.323	Ask Skaraplast »Eten-boxen«, locket	gulvit	flexibel	Skara	fv 1974	skapligt	repig	PE + vax(?)	
NM-12	NM292.322	Ask »Pärlan«	smutsigul	flexibel		fv 1974	dåligt	gulnat, repor, nött	PE + vax(?)	unken lukt
NM-13	NM292.322	Lock till ovanstående	smutsigul	flexibelt		fv 1974	skapligt		PE	
NM-14	NM316.288	Ask Tupperware, 781-3	vit	mjuk	England	fv 1991	dåligt	kletig, oljig yta	PE + vax(?)	unken lukt
NM-15	NM316.288	Lock till ovanstående	brunbeige	styvt	England	fv 1991	skapligt	repigt, nött	PP + ?	
NM-16	NM308.358	Ask	ljusgrön	flexibel	Perstorp	1950	dåligt	missfärgad, klubbigt, smutsigt, nött	PE	
NM-17	NM308.358	Lock till ovanstående	ljusgrön	flexibelt	Perstorp	1950	skapligt	nött, repor	PE	
NM-18	NM285.963	TV-kontroll, sladd, utsidan	grå	spröd	Grundig	1956	uruselt	fragmenterad, spröd, missfärgad, sprickor	ICN: åldrat gummi + krita	PE-klorulfon (?)
NM-18b	NM285.963	TV-kontroll, sladd, insidan	röd	spröd	Grundig	1956	uselt	dito	krita m.m.	fyllmedel
NM-19	NM315.769	Ovalt fat (fint), 35020 »Ornamin«	beige	mycket hårt	Gustavsberg	1950	skapligt	blekt, nött, repor, smuts	cellulosa-derivat?	
NM-20	NM282.919	Liten skål, 35022 »Ornamin«	röd	mycket hård	Gustavsberg	1950	bra	inga	cellulosa-derivat?	
NM-21	NM281.889	Campingfat(?), »Taumalit Iso-Press«	röd	hårt	Tyskland	1930	uselt	blekt, missfärgat, vit beläggning, repor, bucklor, nött, smuts	cellulosa-derivat?	
NM-22	NM270.339	Spillring/tratt	vinröd	hård		fv 1966	skapligt	sprickor, trasig	ICN: bakelit	
NM-23	NM324.690	Termoskanna »June«, behållare	gul	hård	Sverige	1970	bra	repor	PP	

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
NM-24	NM324.690	dito, pip + handtag	svart	hård	Sverige	1970	bra	repor	PP isotactic (?)	
NM-25	NM316.287	Handkrämsflaska	skär	flexibel/ mjuk	USA	1991	bra	inga	PE	
NM-26	kasseras	Virknål, skaftet	gulbrun	styvt			uselt	gulnat, sprickor, krackelerat	CN	
NM-27	kasseras	Virknål, nålen	gulbrun	styv			dåligt	gulnat, sprickor, krackelerat	CN	
NM-28	kasseras	Kam	gulbrun	styv			uselt	spröd, missfärgad, sprickor, krackelerat, trasig	CN	
NM-29	kasseras	Kam »Figaro«	brun	spröd			uruselt	fragmenterad, oerhört skör, sprickor	CN	piggarna bäst!
NM-29b	kasseras	dito, pinne	brun	spröd			skapligt	missfärgad	CN	
NM-30	kasseras	Kam	gulbrun	spröd			uruselt	fragmenterad, oerhört skör, sprickor, »gasar«!	CN	piggarna bäst!
NM-31	kasseras	Skål	mörkbrun	skör			uselt	spröd, vit beläggning, sprickor, krackelerad, skör	kaseinplast	imiterad, sköldpadd
NM-32	NM 86.567	Visitkortskorg, prov upptill	brun, flammig	hård		fv 1899	skapligt	spröd, brunflammig, sprickor	krapplack, tjära?	
NM-33	NM 86.568	Visitkortskorg, prov nedtill	brun, flammig	hård		fv 1899	skapligt	spröd, brunflammig, sprickor	kaseinplast	
NM-34	NM129.015	Visitkortskorg, liten	brun	styv		fv 1916	bra	inga	kaseinplast	
NM-35	NM 41.897	Prydnadskam, stor	brun	hård		1881	dåligt	missfärgad och -for- mad, vit beläggning, bucklor, sprickor	CN	SEM: Pb och Ca?!
NM-36	NM233.530	Hattnål med pinne av järn	svart	hård		fv 1947	skapligt	små sprickor	yllmedel?	
NM-37	NM113.492	Hattnål med trådar av järn	brungul	spröd		1909	uselt	spröd, fragmenterad, knäckaktig, vit beläggning	kaseinplast	Na-karbonat/ sulfat. Horn?
NM-38	NM181.607	Örhänge, ytskikt	vit	styv			uselt	sprött, krackelerat	vaxsåpa?	Al-silikat?
NM-39	NM181.608	Örhänge, vaxliknande insida	gul	kladdig			uselt?	sprött, krackelerat	bivax	
NM-40	NM186.872	Halsband	chockrosa	hårt		fv 1931	dåligt	sprött, sprickor, krack- elering, avflagnig	liknar tjära	
NM-41	NM263.005	Halsband	blå	hårt		fv 1961	skapligt	sprött, vit utfällning (speciellt en dålig kula)	kaseinplast(?)	Ca-karbonat/ sulfat
NM-42	NM184.186	Halsband	svart	hårt		fv 1930	dåligt	klibbig, vit utfällning med »gasar«, sprickor	glas?	sand, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
NM-43	NM239.572	Hattnål med järntråd	gul	styv		1890	uselt	spröd, fragmenterad, sprickor	CN	Tråden mkt korroderad
NM-44	kass.	Plasthandske	mörkbrun	flexibel			uruselt	fullständigt kaputt, fragmenterad	färgrester	

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILLSTÄND	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANM.
NM-45	kasseras	Tättningslist, fnasigt parti	gulbrun	svampig			uruselt	fragmenterad, luktar äckligt	ICN: PUR(ester) skum	
NM-45b	kasseras	Tättningslist, släta delen	gulbrun	svampig			uruselt	fragmenterad, luktar äckligt	färgrester	
NM-46	kasseras	Tättningslist, något nyare	gulbrun	svampig			uruselt	fragmenterad, smulig	PVC m.m.	mjukgörare?
NM-47	NM291.232	Fiskedrag med metallkrokar	brokig	styvt	England	fv 1972	uselt	har reagerat med plastasken de ligger i	färgrester	
NM-48	NM291.233	Fiskedrag med metallkrokar	brokig	styvt	England	fv 1972	uselt	klibbigt, reagerat med asken, sprött, missfärgat	PVC?	alkydfärg?
NM-49	NM291.150	Fiskedrag med mäs-singskrok	brokig	styvt	England	fv 1972	uselt	hård gul utfällning, klibbigt, sprickor	PVC, alkyd, färgrester	Cu-korrosion, Cd!!
NM-50	(ask)	Plastask som fiskedragen ligger i			Simlångs-dalen		skadad	har reagerat med fiskedragen	nedbrutet plexiglas	
NM-51	kasseras	Diverse tandborstar, skaften	diverse	spröd			uruselt	äcklig lukt, fragmenterade, klibbiga, sprickor	CN	
NM-52	kasseras	Diverse tandborstar, skaften	diverse	spröd			uruselt	äcklig lukt, fragmenterade, klibbiga, sprickor	CN	
NM-53	kasseras	Borst från tandborstarna	vitgul				dåligt	missfärgad	borst från något djur?	(liknar gelatin)
NM-54	NM283.354	Regnrock	svart	styv		1950	skapligt	styv, bucklig	PVC?	
NM-55	NM313.387	Hyllremsa, baksidan	blå/vit	flexibel		fv 1973	dåligt	fragmenterad, repig, nött, materialförlust	linne	
NM-56	NM287.769	Skärp	gul	flexibelt		fv 1970	dåligt	buckligt, missfärgad, vit beläggning	PVC	
NM-56b	NM287.769	Spänne till ovanstående	gul	hårt		fv 1970	skapligt	inga speciella skador	kaseinplast	
NM-57	NM286.016	Duk	svart/lila/vit	mjuk		1960	dåligt	bucklig, rynkig, materialförlust	PVC	
NM-58	NM292.874	Toalettväska	gul/vit	flexibel		ca 1950	uselt	bucklig, materialförlust, missfärgad, märskada	ICN: polyester, PA-fibrer	
NM-59	NM303.269	Liten toalettväska	blå/vit	styv		fv 1977	uselt	styv, spröd, repig, bucklig	PVC	känns »metallisk«
NM-60	NM300.243	Brödfatsduk	vit	flexibel		fv 1976	dåligt	sprickor, missfärgad, smuts, märskada	PE	
NM-61	NM315.019	Tygrulle	skär	mjuk		1988	bra	inga	PVC-liknande	
NM-62	NM312.827	Vaxduk / Julduk	tomtemönster	styv		1985	dåligt	färgerna flyter ihop, flammiga kanter, klibbig, märskada	PVC + färg (alkyd)	vävpplast
NM-63	NM301.382	Tvättpåse	skärmönstrad	flexibel		1950	dåligt	sprickor, repor, bucklig, märskada	PVC + färg (alkyd)	dålig lukt
NM-64	NM311.114	Regnhuva (Julita)	vinröd	styv		1950	dåligt	knotttrig, sprickor, bucklig	PVC	

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
NM-65	NM257.473	Badmössa, mössan	vit	flexibel		fv 1959	skapligt	missfärgad	gummi	
NM-65b	NM257.473	Badmössa, remmen	vit	hård, styv		fv 1959	uruselt	fragmenterad, sprickor, krackelerad, materialförlust	gummi	
NM-66	NM209.597	Pampuscher, Helsingborgs Gummifabrik	svart	mjuka		fv 1937	skapligt		gummi	
NM-66a	NM209.597	Pampuscher, hård kant	svart	hård		fv 1937	uselt	sprickor, krackelerad, nötta, materialförlust	ICN: gutta-perka, krita	
NM-67	NM109.566	Pampuscher	svart	styva		1907	uruselt	styva, fragmenterade, sprickor, krackelerade, nötta	tjära?	guttaperka?
NM-68	NM244.700B	Pampuscher, Tretorn	vit	stenhårda	Tretorn	fv 1952	uselt	sprickor, krackelerade, missfärgade, smuts	gummi	liknar NM-18
NM-69	NM311.084	Damstöver, skaftet	beige	mjukt		1971	uselt	sprickor!	färg	liknar NM-45 imit. skinn
NM-69a	NM311.084	Damstöver, rem upptill	vit	något styv		1971	bra	inga	färgrester	
NM-69b	NM311.084	Damstöver, skodelen	vit, blank	hård		1971	skapligt	repig, bucklig, krackelerad	alkyd? tjära?	
NM-70	NM257.907	Pampuscher, Helsingborgs Gummifabrik	beige	hårda		fv 1959	uruselt	stenhårda, spröda, deformerade, krackelerade, nötta	gummi	
NM-71	NM209.596	Pampusch, Helsingborgs Gummifabrik	svart	hård/styv		fv 1937	uselt	hård, deformerad, sprickor, krackelerad	färg	
NM-72	NM248.537B	Damsko, plastig insida	beige/brun	mjuk		fv 1954	bra	inga	ICN: klor-gummi, talk m.m.	
NM-72b	NM248.537B	Damsko, innersulan	beige/brun	styv		fv 1954	bra	inga	liknar tape	
NM-73	NM301.008	Liten väska	röd	styv		1950	dåligt	repig, bucklig, märkskada	oljefärg	
NM-74	NM300.772	Handväska, remmen	svart, blank	styv		fv 1976	dåligt	repig, nötta	tjära, kol	angivet: krokodilskinn
NM-74b	NM300.772	Handväska, inuti	svart, blank	mjuk		fv 1976	dåligt	repig, nötta	protein (skinn?)	förväxlas ofta med plast
NM-75	NM273.785	Nylonstrumpförpackning	ofärgad	flexibel	Nylon Hosiery	ca 1945	uruselt	fragmenterad, krackelerad	cellulosaacetat, CA	nylonstrumporna OK
NM-76	NM324.391	Tygskor (dam), klacken	beige	stenhård	Tretorn	1936	uselt	repig, krackelerad, missfärgad	färg	tyget OK
NM-77	NM266.644	Handväska, »tantmodell«	mörkbrun	flexibel	Guldhuvudet	1963	skapligt	unken lukt	PVC	(galon)
NM-78	NM283.022	Regnrock	orange	styv		1948	uruselt	styv, sprickor, krackelerad, bucklig, nötta, beläggning	PVC	vit beläggning: sand, smuts
NM-79	NM283.352A	Regnrock	ljusblå	styv		fv 1971	uselt	sprickor, krackelerad, nötta, vit utfällning	PVC	SEM/EDS: mycket svavell
NM-80	NM311.097	Manchesterrock med plastfoder	brun	styv		fv 1981	uruselt	fragmenterad, repig, sprickor, krackelerad	konstgummi?	själva tyget skapligt



LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANM.
NM-81	NM266.629	Regnrock	grå, tunn	flexibel		1963	bra	inga	PVC	även skärpet PVC
NM-82	NM279.978	Trenchcoat	beige	styv	Trelleborg	1940-1950	uselt	styvnat, repor, nött, smuts	liknar Latex	
NM-83	NM233.289	Paljetter	svart	styva			dåligt	buckliga, sprickor	kaseinplast	
NM-84	NM267.653	Barngalosch	svart	styv	England	fv 1965	dåligt	styvnat, sprickor, repor	nedbrutet gummi	
NM-85	NM280.002	Barngalosch	svart	stenhård	Ryssland	1900	uruselt		nedbrutet gummi	bra exempel
NM-86	NM325.487	Barnstövel	svart	mjuk	Tretorn	1947	skapligt	stark lukt	nedbrutet gummi	
NM-87	NM270.557	Gymnastisko (barn)	vit-blå-grå	flexibel		1962	uselt	luktar äckligt, sprickor	nedbrutet gummi	
NM-88	NM282.209	Barnpampusch	svart	något styvnat		1920	skapligt	luktar illa, krackele-ringar	nedbrutet gummi	
NM-89	NM308.019	Barnstövel, vit rand upptill	blå/vit	styv		1975	dåligt	styvnat, bucklig, sprickor	nedbrutet gummi	
NM-90	NM308.019	Barnstövel, blåa stöveln	blå/vit	styv		1975	dåligt	styvnat, bucklig, sprickor	nedbrutet gummi	
NM-91	NM282.843	Kaffebrička	röd	hård		1962	dåligt	materialförlust, repor, sprickor	ABS	
NM-92	NM192.239	Solfjäder	mörkbrun	hård		fv 1933	skapligt	repor	kaseinplast	
NM-93	NM164.549	Solfjäder	målad	styv/ flexibel		fv 1927	skapligt	sprickor, har mjuknat här och där	kaseinplast	
NM-94	NM209.347	Halsband	svart	stenhårt		fv 1937	bra	(många lagningar)	otolkbart IR-spektrum	
NM-96	NM110.143	Brosch (fin med damhuvud)	svart, blank	hård		1872	bra	inga skador	schellac (på ytan)	
NM-97	NM192.242	Halsband	svart	hårt		fv 1933	uselt	vit beläggning (Na-salt)	(för litet prov)	
NM-101	*	Hård PVC, prov 5 a2	färglös	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	PVC	
NM-102	*	Hård PVC, 5 a3	färglös	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	PVC	
NM-103	*	Fibrer av cellulosaacetat, 5 b2	färglös	hård	bok med prover	1958	hyfsat	gulnat	CA	
NM-104	*	Mjuk PVC, 5 b2 (?)	färglös	mjuk	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	PVC	
NM-105	*	Konstläder (PVC), 5 b3	brun	mjuk	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	PVC	
NM-106	*	Golvmatte (PVC), 5 b5	brun	styv	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	PVC + något annat	
NM-107	*	Vinylidenklorid, C 6,2	ofärgad	styv	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	?	
NM-108	*	Plexiglas, C 11.1	genomskinlig	hårt	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	PMMA	

\* Tysk bok om plast: »Welcher Kunststoff ist das?« av W. Oelkers, Frankische Verlagshandlung, Stuttgart (1958).

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
NM-109	*	Vulkanfiber, A 1a	brun	styv	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	CA	SEM: C, O, Fe, Si, Al
NM-110	*	Viskos, A 2d	vit	mjuk	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	CA	
NM-111	*	Fenolharts, B 1c	brun	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	fenoplast ?	
NM-112	*	Karbamidharts, B 2,1, brun sida	brun	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	CA (?)	
NM-113	*	Karbamidharts, B 2,1, grön sida	grön	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	melamin	
NM-114	*	Cellulosanitrat, A 3c	gul	styv	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	CN	
NM-115	*	Cellulosaderivat, A 4a	gul	styv	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	cellulosa-triacetat	
NM-116	*	Kasein, A 7a	vit	hård	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	kaseinplast	
NM-117	*	Cellulosaacetat	ofärgad	styv	bok med prover	1958	hyfsat	inga synliga skador	Dralon?	
NM-118	*	PVC-tyg, D 1c	vit	mjuk	bok med prover	1958	hyfsat	sprickor	PVC	
NM-119	NM247.266	Badskor	grå	flexibla	USA, Kleinertz	1930	dåligt	missfärgade, sprickor, bucklor, skrumpnat ihop	äldrat gummi	
NM-120	NM283.388	Damsandaletter	beige/svart	styva	USA	1945	dåligt	sprickor, missfärgade, kladdiga	PVC	
NM-121	onummerat	Smuligt prov	beige	mjukt		1950?	uselt	smuligt, helt fragmenterat	PU	
NM-123	NM 260.521	Burklock till »Lökströmming«	vit	flexibelt	Sverige	1950?	uselt	fragmenterat, sprickor, gulnat	PE	
NM-124	NM 260.521	Burk till »Lökströmming«	transparent	styv	Sverige	1950?	bra	inga skador	PS	
NM-125	NM 282.850	Förvaringsask	ljusgrön	styv		?	bra	inga skador	PE	
NM-126	(saknas)	Lock (linsskydd)	röd	styvt			skapligt	repigt, vit utfällning	PP	
NM-127	NM 291.817	Leksak »Ekoxe« i genomskinlig ask	brun	styv			uselt	har reagerat med asken så att de sitter fast	PVC	
NM-128	dito	Asken till »Ekoxe«	transparent	styv			uselt	har reagerat med »Ekoxe«-leksaken	PS	
NM-129	dito	Reaktionsprodukten till ovanstående	transparent	hård					PS + PVC	
NM-130	NM 90721	Fett(?) på häktspänne	ofärgad	mjukt					vax	
NM-131	(saknas)	Leksak »gummitroll«	orange	svampig/styv			uruselt	styvnat, hopskrumpnad, bubblig, sprickor, utfällning	äldrat gummi	
NM-132	(saknas)	Äggkopp	röd	hård			bra	inga skador	PS	
NM-133	(saknas)	Pennvässare	gul	hård			dåligt	sprickor, deformerad, repor	PS	

\* Tysk bok om plast: »Welcher Kunststoff ist das?« av W. Oelkers, Frankische Verlagshandlung, Stuttgart (1958).

LÖP-NR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV = FÖR-VÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
NM-134	(saknas)	Ask av »frigoelit-typ«	vit	svampig			uselt	har reagerat med två suddgummin som låg i asken	PS	
NM-135	(saknas)	Suddgummi nr 1	vit	stvt			uselt	se ovan	PVC	
NM-136	(saknas)	Suddgummi nr 2	vit	stvt			uselt	se ovan	PVC	
NM-137	(saknas)	Sked »Lille Kirsten Rosti«	blå	styv	Danmark		skapligt	missfärgad, repig	melamin	
NM-138	(saknas)	Soffstopning	grälla färger	mjuk			uselt	fnasig, smulig	polyuretan	
NM-139	(saknas)	Ask med »Annikas monster« (leksaker)	svart	hård			uselt	har reagerat med två leksakskrokodiler(?) i asken	PS	
NM-140	(saknas)	Brun krokodil(?) i ovanstående ask	brun	sladdrig			uselt	har reagerat med asken	PVC	
NM-141	(saknas)	Grön krokodil(?) i ovanstående ask	grön	sladdrig			uselt	har reagerat med asken	PVC	
NM-142	(saknas)	Plastsked (McDonalds)	ofärgad			2007	bra	inga skador	PP	
NM-143	(saknas)	Förvaringsask	vit	styv		1980	dåligt	småsprickor, fnasig yta, gulnat	PE	
NM-144	NM 271.523	Borste	beige	hård		ca 1900	dåligt	missfärgning, sprickor, materialförlust	CN	

## PLASTFÖREMÅL FRÅN ÖVRIGA MUSEER I STUDIEN

MAGA-SIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Gbg Stads-Mus.	GSM-301	GM38.775	Bestickskorg	brun	flexibel	Hammarplast	1975	skapligt	repig, nött	PE	
Gbg Stads-Mus.	GSM-302	GM38.873	Hållare för hushållspapper	gulvit	hård	»Reda«		skapligt	gulnad, missfärgad	PS	
Gbg Stads-Mus.	GSM-303	(saknas)	Avloppsror	grå	hårt	Ramnäs	2000	bra	inga	PP	
Gbg Stads-Mus.	GSM-304	GM38.746	Fågelbur (med fågelattrapp)	blandad	styv		1976	bra	inga	PE	
Gbg Stads-Mus.	GSM-305	GM38.746	Fågelburen, lådan undertill	vit	styv		1976	dåligt	spröd, stora sprickor, krackelering, repor	PS	
Gbg Stads-Mus.	GSM-306	GM36.862:1	Termoskanna	brun	hård		1950	skapligt	missfärgad, flammig	liknar bakelit	liknar NM-22
Gbg Stads-Mus.	GSM-307	GM36.864:3	Termosflaska, mugg upptill	röd	hård	Stabili-Therm	1950	bra	inga	kaseinplast	
Gbg Stads-Mus.	GSM-308	GM36.555:1	Termosflaska, mugg upptill	svart	hård	Isotherm	1950	bra	inga	fenoplast?; viss likhet	liknar bakelit
Gbg Stads-Mus.	GSM-309	GM36.152	Citronpress	grön	hård		fv 1978	skapligt	materialförlust	kaseinplast	
Gbg Stads-Mus.	GSM-310	GM36.151	Citronpress	vit	hård		1940	skapligt	krackelerad yta	PS	
Gbg Stads-Mus.	GSM-311	GM33.466:2	Litermått	ofärgad	flexibelt		fv 1976	skapligt	missfärgad, klubbigt	PE	
Gbg Stads-Mus.	GSM-312	GM36.522:1	Tillbringare	gulvit	hård		1850	bra	inga	PS	
Gbg Stads-Mus.	GSM-313	GM35.877	Äggkartong	ofärgad	flexibel			skapligt	gulnad	PVC	
Gbg Stads-Mus.	GSM-314	GM33.038	Salladsbestick	beige/svart	styvt		1940	dåligt	missfärgad, flammig, repor	kaseinplast	
Gbg Stads-Mus.	GSM-315	GM38.347:1	Skål »Mepal«	ljusblå	hård	SM-Plast		bra	repor	melamin	
Gbg Stads-Mus.	GSM-316	GM38.362	Vattenkanna	röd	styv	Gustavsberg	1970	bra	inga	PS	
Gbg Stads-Mus.	GSM-317	GM33.030	Mattpiskare	gul	flexibel			skapligt	blekt, nött	PE	
Gbg Stads-Mus.	GSM-318	GM32.627:2	Ask	beige	flexibel		fv 1975	dåligt	sprickor, repig, flammig	CN	celluloid
Gbg Stads-Mus.	GSM-319	GM35.488	Hattask	mörkgrön	styv		1900	bra	inga	läder	

MAGA-SIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Gbg Stads-Mus.	GSM-320	GM37.700	Stor handväska, utsidan	vinröd	flexibel		1950	skapligt	»knottrig« yta	PVC + något mer	
Gbg Stads-Mus.	GSM-321	GM37.700	Stor handväska, fodret	svart	mjukt		1950	skapligt	klibbig yta	PVC	
Gbg Stads-Mus.	GSM-322	GM36.066	Handväska	beige	mjuk		1960	dåligt	sprickor, nött, missfärgad	läder	
Gbg Stads-Mus.	GSM-323	GM26.289	Vaxduk	blandad	mjuk		fv 1969	dåligt	klibbig, krackelerad	PVC + färgskikt	baksidan = linne
Gbg Stads-Mus.	GSM-324	GM26.204	Handspegel	skär	hård, spröd			uselt	spröd, sprickor, repor, bucklig, blekt	CN	
Gbg Stads-Mus.	GSM-325	GIM8631	Telefon	svart	hård		1931	bra	inga	ICN: gummi + krita (?)	liknar latexfärg, PVA
Gbg Stads-Mus.	GSM-326	GIM8631	Telefon, foten	svart	styv		1931	bra	inga	polyvinylbutyrat?	
Gbg Stads-Mus.	GSM-327	GM33.830	Badskor	ljusblå	mjuka		fv 1976	uruselt	spröda, hoptork., fragm., sprickor, krackel, nötta, blekta	gammalt gummi	
Gbg Stads-Mus.	GSM-328	GM30.039	Påskkycklingar	gul	hårda		1930	bra	inga	CN	celluloid
Gbg Stads-Mus.	GSM-329	GM34.279:1	Juldekoration	metallic	flexibel		1930	dåligt	spröd, skör, sprickor	fenoplast?	
Gbg Stads-Mus.	GSM-330	GM32.655	Elkabel till lampa	beige	flexibel			dåligt	nött, smutsig	PVC	
Gbg Stads-Mus.	GSM-331	GM28.398:3	Matkniv med gult skaft	gul	hård	A&N.C.S.L.		dåligt	sprickor, repig, missfärgad	kaseinplast	
Gbg Stads-Mus.	GSM-332	GM38.122	Docka (i säng)	rosa	styv, spröd		1920	skapligt	spröd, sprickor, repor, bucklig, blekt	CN	celluloid
Gbg Stads-Mus.	GSM-333	GMLHP15	Armband	brun	hård		1930	dåligt	krackelerat, sprickor, missfärgat, flammigt	kaseinplast	
Gbg Stads-Mus.	GSM-334	GM33.419	Halsband, kulor	mörkbrun	hårda		fv 1976	bra	(spröda)	fenoplast?	liknar bakelit
Sthl Stads-mus.	SM-351	SSM 46104	Leksaksdoktorsväska	blandad	styv		1970	skapligt	något kladdig, styvnat	LDPE	
Sthl Stads-mus.	SM-352	SSM 46104	Stetoskop från väskan	grå	styvt		1970	skapligt	mekaniska skador	PS	
Sthl Stads-mus.	SM-353	SSM 46104	Slang från väskan	blå	elastisk		1970	skapligt	styvnat, bucklig	PVC	

MAGA-SIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Sthlm Stadsmus.	SM-354	SSM 46104	Gunmmisnodd från väskan	beige	styv		1970	uselt	styvnat, krackelerat, spruckit	åldrat gummi	
Sthlm Stadsmus.	SM-355	SSM 42738	Leksakstandborste	gul	spröd		1940	uruselt	sprickor, sprött, fragmenterats	CN	
Sthlm Stadsmus.	SM-356	SSM 40917	Solglasögon	brun	styva		1925	uruselt	styvnat, sprickor, fragmenterats, missfärgning, beläggning	CN	korr. Ni, Cu, Zn vid gångjärnen
Sthlm Stadsmus.	SM-357	SSM 40917	Glasögon	beige	styva		1925	dåligt	sprickor, missfärgning	CN	korrosion vid gångjärnen
Sthlm Stadsmus.	SM-358	SSM 41267	Mustaschborste i fodral	mörkbrun	hård		1880	skapligt	repig, materialförlust	kaseinplast	korr. Ni, Cu, Zn vid gångj.
Sthlm Stadsmus.	SM-359	SSM 44450	Tandborste	svart	hård		1950	skapligt	repig	CN	
Sthlm Stadsmus.	SM-360	SSM 39880	Hårkam	brungul	styv		1900	uselt	spröd, sprickor, repor, missfärgning	CN	skador av märkningen
Sthlm Stadsmus.	SM-361	SSM 44450	Tandborste	gulorange	hård	DuPont, USA	1950	dåligt	repor, missfärgad, smuts	cellulosa-triacetat	
Sthlm Stadsmus.	SM-362	SSM 46116	Leksakskonduktörsväska	röd	styv		1970	dåligt	styvnat, bucklig	PVC + mjukgörare	rostiga detaljer inuti
Sthlm Stadsmus.	SM-363	SSM 46116	Band till väskan	gul	mjukt		1970	skapligt	inga synliga skador	PVC + mjukgörare	
Sthlm Stadsmus.	SM-364	SSM 60616	Yaxa-flaska	beige	flexibel		1960	bra	inga	klorerad PE	
Rööska Mus.	Rööh-381	RKM-59-B.1984	Rakapparatfodral Braun	beige	flexibelt	Tyskland	ca 1960	bra	obetydliga	ICN: PVC + ftalat	
Rööska Mus.	Rööh-382	RKM-40.2000	Radio Bang & Olufsen, höljet	brun	hårt	Danmark	ca 1930	skapligt	sprickor, repor, smuts	ICN: bakelit	
Rööska Mus.	Rööh-383	RKM-40.2000	Radio Bang & Olufsen, vit dekor	vit	hård	Danmark	ca 1930	skapligt	sprickor	karbamidplast?	mycket lika Rööh-382
Rööska Mus.	Rööh-384	RKM-12.2004	Modeväska	orange	mycket hård		ca 1950	bra	inga	PMMA	
Rööska Mus.	Rööh-385	RKM-144.2005	Spänne, plast + mässing	grön/gul	styvt		ca 1910	bra	inga skador trots närvaro av mässing	(inget prov fick tagas)	troligen kasein
Rööska Mus.	Rööh-386	RKM-52.1996	Uppblåsbar stol	gul	flexibel		ca 1960	dåligt	repor, bucklig, styvnat	PVC	
Kulturen	Lund-401	omärkt	Skrivmaskinskydd	ljusgrå	mjukt			dåligt	sprickor, grå utfällning	PVC m.m. (färg?)	utfällning av Na-sulfat

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Kulturen	Lund-402	omärkt	Räknemaskinsfodral	grå	elastiskt	Addox		dåligt	sprickor, krackeleringar, smuts	PVC	
Kulturen	Lund-403	KM 59.133	Skrivmaskinsfodral	svart	mjukt			uselt	sprickor, krackeleringar, nött	linnetyg	nedbr., linolja på ovansidan
Kulturen	Lund-404	KM 72.040	Resväska, insidan	brun	styv		1920-tal	dåligt	repor, sprickor, krackeleringar, nött	liknar CA	vulkanfiber?
Kulturen	Lund-404A	KM 72.040	Resväska, utsidan	brun	styv		1920-tal	dåligt	repor, sprickor, krackeleringar, nött	nedbruten linolja	färgskikt
Kulturen	Lund-405	KM 100:63:B.3	Skrivmaskinsfodral	grön	mjukt	Halda		bra	inga	ICN: stabiliserat PVC	med mjukgörare
Kulturen	Lund-406	KM-OM 1:175	Elkabel	svart	styv			dåligt	styv, krackelrat	ICN: bomull + vax	
Kulturen	Lund-407	KM 41:392:7	Elkabel till radio	brun	styv		1920-tal	uruselt	spröd, sprickor, krackelrad, fragmenterad	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-408	KM 41:392:7	Elkontakt dito	svartbrun	svampig		1920-tal	dåligt	sprucken, nött, repig	nedbrutet gummi	ebonit?
Kulturen	Lund-409	KM 41.326	Batterikabel till radio	gråbrun	spröd		1925	uruselt	fragmenterad, spröd, nött, sprickor, krackelrad	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-410	KM 41.000:599	Telefonkabel	brun	styv		fv 1941	dåligt	sprickor, krackeleringar, styvnat	vax/harts	liknar NM-14
Kulturen	Lund-411	KM 52.710	Högtalarsladd	brunsvart	styv		fv 1959	uselt	fragmenterad, krackelrad	lintyg	
Kulturen	Lund-412	KM 46.605	Radiosladd	beige	styv			dåligt	missfärgad, sprucken, krackelrad	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-413	omärkt	Radiosladd	beige	flexibel	Radiola	fv 1949	skapligt	krackelrad	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-414	KM 58.409	Leksakselefant	grå	hård		fv 1965	dåligt	missfärgad, sprickor	PE	
Kulturen	Lund-415	KM 58.411:2	Mini-leksakselefant	gulvit	hård		fv 1966	bra	inga	?	
Kulturen	Lund-416	KM 73.110	Radiokåpa	brun	hård	Telefunken	1920-tal?	skapligt	repig, missfärgad	CA	
Kulturen	Lund-417	KM 70.903	Väckarklocka	vit	styv			skapligt	gulnat	PS	
Kulturen	Lund-418	KM 43.870	Mösskärm	brun	mjuk		ca 1900	skapligt	repig	CN	
Kulturen	Lund-419	KM 82.285	Portfölj	svart	flexibel		fv 1998	skapligt	knottig yta	cellulosa-derivat	
Kulturen	Lund-420	KM 7.029	Urverkslodsno	beige	flexibelt			skapligt	krackelrat	skinn	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Kulturen	Lund-421	KM 87695	Träska »Kwik«, sulan	vit	styv	Kwik British	ca 2000	skapligt	svampig, klibbig	PU	
Kulturen	Lund-422	(tape till tyg)	Tape, platt och tjockare	färglös	spröd		1990?	dåligt	spröd, gulnat	CA	
Kulturen	Lund-423	KM 83491	Damstövel, sulan	skär	hård	Italy Tiglio	1970?	skapligt	sprickor	PVC	
Kulturen	Lund-423A	KM 83491	Damstövel, fodret	vit	luddigt	Italy Tiglio	1970?	bra	inga	Nylon 66	
Kulturen	Lund-423B	KM 83491	Damstövel, skaftet	skär	styvt	Italy Tiglio	1970?	skapligt	inga synliga	PVC (som 423)	
Kulturen	Lund-424	KM 87138	Docka »Lillemor«	skär	hård		1930-tal	skapligt	små sprickor	CN	
Kulturen	Lund-425	KM 39866	Dockskrin	blå	mjukt		?	bra	inga	något skinn	
Kulturen	Lund-426	KM 48051	Stövel	svart	flexibel		?	skapligt	repor, nött	gummi	
Kulturen	Lund-427	KM 72213	»Sminkdocka«	beigerosa	flexibel		ca 1980	bra	inga	PVC	
Kulturen	Lund-427A	KM 72213	dito, läppstifts-fodral	beigerosa	hårt		ca 1980	bra	inga	HDPE	
Kulturen	Lund-427B	KM 72213	dito, borst från borste	färglös	styv		ca 1980	bra	inga	nylon	
Kulturen	Lund-428	KM 70184	Barnstövel	orange	styv	Kina	ca 1990?	uselt	styv, spröd, sprickor, bucklig, nött	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-428A	KM 70184	dito, sulan	svart	hård	Kina	ca 1990?	dåligt	sprickor, nött, hårdnat	nedbrutet gummi	
Kulturen	Lund-429	KM 87192	Leksaksfisk	röd	styv		?	dåligt	spröd, bucklig, materialförlust	CN	
Kulturen	Lund-430	KM 72847	Barbie-tennis-racket	röd	styv	Hongkong	ca 1970	dåligt	krackelerad, sprickor, materialförlust	PS	
Kulturen	Lund-431	KM 86056	Negerdocka	svart	flexibel	Hongkong	ca 1971	dåligt	krackelerat, sprickor, repor	HDPE	
Kulturen	Lund-432	KM 87593	Hårnål	brun	hård		1900?	uselt	sprickor, fragmenterad, missfärgad, korrosion	CA	
Kulturen	Lund-433	KM 49124:2	Härkam	beigebrun	hård		1900?	dåligt	spröd, sprickor, krackelering, materialförlust	kaseinplast	
Kulturen	Lund-434	(prov i ask)	»Fjädrar« i hårnål	svart	flexibla		ca 1900	bra	materialförlust	glasfiber	
Kulturen	Lund-434A	(prov i ask)	Parla till ovanstående	glasklar	hård		ca 1900	bra	inga	kasein?	stämmer ej med färgen
Kulturen	Lund 435	KM 66605:2	Hårnål	brun	hård		före 1900	skapligt	spröd, krackelerad, materialförlust	CN	
Kulturen	Lund 436	(löst i ask)	Trasiga hårnålar	bruna	hårda		1880	uruset	spröda, fragmenterade, sprickor, missfärgade, blekta	CN	



MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Kulturen	Lund 437	KM 52828	Svarta »pärlor« i hårnål	svart	hårda		1890?	skapligt	materialförlust	harts (schellac?)	
Kulturen	Lund 438	KM 72385	Träska »Vollsjo«, sulan	vit	svampig	Vollsjo	2000?	skapligt	svampig, krackelerad	PU	
Kulturen	Lund 439	KM 88601	Damstövel	svart	mjuk		1980?	skapligt	krackelerad	gummi	
Kulturen	Lund 440	KM 63899	Galonbyxa för litet barn	röd mm	flexibel		1970?	skapligt	klibbig, bucklig	PVC	
Kulturen	Lund 441	(saknas)	Damregnkappa	silvergrå	mjuk		1970?	bra	krackelerad	PVC	
Kulturen	Lund 442	KM 39666	Överdrag	gulvit	mjukt		?	uselt	sprickor, krackelerat, missfärgat, nött	linne med ytbehandling	
Nationalmuseum	Nat-601	NMK 94-1999	Cykel, ramen	skär	styv	«Itera«		skapligt	blekt, repor	polyester	
Nationalmuseum	Nat-601A	NMK 94-1999	Cykel, stänkskärm	skär	styv	«Itera«		skapligt	sprickor och repor	gummi	
Nationalmuseum	Nat-601B	NMK 94-1999	Cykel, eker	skär	styv	«Itera«		skapligt	gulnat	polyamid	
Nationalmuseum	Nat-602	NMK 215-2000	Durkslag	ljusblå	styvt			skapligt	repor, gulnat, klibbigt	PE	
Nationalmuseum	Nat-603	NMK 28-2000	Elkabel till hårtork	grå	hård	Siemens		uruselt	torkad, fragmenterad, missfärgad	nedbrutet gummi	
Nationalmuseum	Nat-604	NMK 59-1989	Vattenblandare	grå	hård			bra	inga	ingen bra överensstämmelse	SEM?
Nationalmuseum	Nat-605	NMK 5-1999	Lock till brun burk	mörkbrun	styvt	Oge Sweden		skapligt	repor	någon fenoplast	bakelit?
Nationalmuseum	Nat-606	NMK 158-1981	Telefon	mörkgrå	hård			skapligt	vit beläggning	torkad olja?	
Nationalmuseum	Nat-607	NMK 44-1989	Skärmaskin	vit	hård			skapligt	gulnat	PS	
Nationalmuseum	Nat-608	NMK 288-1984	Vinglas av plast, röd ring	röd/ofärgad	hård			skapligt	gulnat	polykarbonat	
Nationalmuseum	Nat-609	NMK 19-1999	Nagelfilshållare	ljusgrön	gummi-seg			uselt	missfärgad, gulnat, mjölig beläggning	gummi-liknande	
Nationalmuseum	Nat-610	NMK 126-1978	Tre Margretheskålar (Sigvard Bernadotte)	gul	hård	Rosti, Danmark		bra	inga	melamin	
Nationalmuseum	Nat-611	NMK 5-1957	Sockerskål	svart knapp	hård			bra	inga	asfaltliknande (?)	
Nationalmuseum	Nat-612	NMK 138-2001	Barnstol till cykel	svart	hård			skapligt	repor, smuts	PE	
Nationalmuseum	Nat-613	NMK 51-1989	Barncykel, röd sadel	röd/orange	hård			bra	inga	PE	
Nationalmuseum	Nat-613A	NMK 51-1989	Barncykel, gummi-handtag	röd/orange	styv			bra	inga	PVC	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Nationalmuseum	Nat-614	NMK 369-1997	Modern fätölj	röd	styv			skapligt	repig	alkyd	
Nationalmuseum	Nat-615	NMK	Stolsdyna	brokig	svampig			uruselt	fragmenterad, gulnat, missfärgad	olja/färg?	
Nationalmuseum	Nat-616	NMK 14-1989	»Badringsstol«	vit	flexibel			dåligt	missfärgad, deformerad	PVC	
Nationalmuseum	Nat-617	NMK 6-2004	Citronpress	röd	mjuk			dåligt	sprickor, smuts, skör	PS	
Nationalmuseum	Nat-618	NMK	Högtalare	grå	smulig			uruselt	bara löst grått fnas kvar	PVC	
Nationalmuseum	Nat-619	NMK	Flygel, tätningslist	grå					vit beläggning	PVC (+ färg?)	
Nationalmuseum	Nat-620	NMK	dito, något lim	ofärgad?						PVA Mowolith	
Nationalmuseum	Nat-621	NMK	Textiltrådar	ofärgad?				bra	inga synliga skador	PE	
Nationalmuseum	Nat-622	NMK	Textiltrådar	ofärgad?				bra	inga synliga skador	PVC	
Nationalmuseum	Nat-623	NMK	Textiltrådar	ofärgad?				bra	inga synliga skador	silke	
Nationalmuseum	Nat-624	NMK	vitt plastsnöre	ofärgad?				bra	inga synliga skador	CA	
Nationalmuseum	Nat-625	NMK	folie	metallic				bra	inga synliga skador	akrylat	
Moderna Museet	MM-651	MOMSK-6:??	Öyvind Fahlström: småfigurer	vit	styv		1968	skapligt	inga stora skador	PVC, kalk, TiO2, lera?	
Moderna Museet	MM-652	MOMSK-6:42	Öyvind Fahlström: småfigurer	blå	styv	prov 1	1968	skapligt	inga stora skador	PMMA, kalk, CoAl2O4	ZnO, Sn-förening, lera?
Moderna Museet	MM-653	MOMSK-6:3	Öyvind Fahlström: småfigurer	transparent	styv	prov 2	1968	skapligt	inga stora skador	90 % PVC + PVA	sampolymer
Moderna Museet	MM-654	MOMSK-6:45	Öyvind Fahlström: småfigurer	transparent	styv	prov 3	1968	skapligt	inga stora skador	liknar 653	sampolymer
Moderna Museet	MM-655	MOMSK-6:1	Öyvind Fahlström: småfigurer	transparent	styv	prov 5	1968	skapligt	inga stora skador	PMMA	
Moderna Museet	MM-656	MOMSK-6:24	Öyvind Fahlström: småfigurer	vit	styv	prov 19	1968	skapligt	inga stora skador	87 % PVC + PVA	sampolymer
Moderna Museet	onummerat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	transparent	styv	prov 8	1968	skapligt	inga stora skador	PMMA	
Moderna Museet	onummerat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	vit	styv	prov 13	1968	skapligt	inga stora skador	PVA (?)	
Moderna Museet	onummerat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	vit	styv	prov 14	1968	skapligt	inga stora skador	gammalt lim?	
Moderna Museet	onummerat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	grön	styv	prov 16	1968	skapligt	inga stora skador	gammalt lim?	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Moderna Museet	onumererat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	grön	styv	prov 17	1968	skapligt	inga stora skador	paraloid (akrylat)	
Moderna Museet	onumererat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	gulbrunt	styv	prov 20	1968	skapligt	inga stora skador	gammalt lim	
Moderna Museet	onumererat	MOMSK-6	Öyvind Fahlström: småfigurer	gulbrunt	styv	prov 21	1968	skapligt	inga stora skador	gammalt lim	
Moderna Museet	MM-661	NMSK-1979	A. Hay: »Yellow crumbled paper«	gul	styvt		ca 1967	skapligt	sprickor, missfärgat (brunt), styvt	olja på cellulosa	
Moderna Museet	MM-662	NMSK-1979A	A. Hay: »Yellow crumbled paper«	gul	stelnad droppe		ca 1967			epoxi + någon olja	
Moderna Museet	MM-663	MOMSK-28:28	Kjartan Slettemark: »Soul food«	röd			1977	skapligt	missfärgad, materialförlust	alkyd	
Moderna Museet	MM-664	MOMSK-28:29	Kjartan Slettemark: »Soul food«	svart			1977	skapligt	sprickor, hårdnat	alkyd	
Moderna Museet	MM-665	MOMSK-28:11	Kjartan Slettemark: »Soul food«	färglös			1977	skapligt	hård, materialförlust	alkyd	
Moderna Museet	MM-666	MOMSK-28:7	Kjartan Slettemark: »Soul food«	röd	mjuk		1977	uselt	fragmenterad	nedbrutet PVC	
Moderna Museet	MM-667	MOMSK-28:7A	Kjartan Slettemark: »Soul food«	vit	hård		1977	bra	inga	LDPE	
Moderna Museet	MM-668	MOMSK-28:7B	Kjartan Slettemark: »Soul food«	gråaktig	hård		1977	skapligt	något missfärgad	PS	
Moderna Museet	MM-669	MOMSK-28:7C	Kjartan Slettemark: »Soul food«	vit	hård		1977	skapligt	inga stora skador	PE	
Moderna Museet	MM-670	MOMSK-28:5	Kjartan Slettemark: »Soul food«	genomskinlig			1977	skapligt	missfärgad	alkyd	
Moderna Museet	MM-671	MOMSK-28:26	Kjartan Slettemark: »Soul food«	färglös	hård		1977	skapligt	missfärgad	alkyd	
Moderna Museet	MM-672										
Moderna Museet	MM-673	MOM 2005/748	Dan Wolgers: »Objekt«	transparent	styv		1984	dåligt	styv, sprickor, gulnat, nött, smuts, fläckar	PVC	märknings-skador
Moderna Museet	MM-674	MOM 2005/748	dito, »prutt-kudde«	orange	mjuk		1984	dåligt	sprickor, vit beläggning, smuts	nedbrutet gummi	
Moderna Museet	MM-675	MOM 2005/748	dito, slang	orange	styv		1984	skapligt	styvnat, klabbig beläggning, smuts	klar. PE 42 % Cl (?)	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANM.
Moderna Museet	MM-676	NMB 2043	Keith Sonnier: »Flockad«	brun	hård		1969	uruselt	spröd, sprickor, missfärgad, trasig	ICN: nedbrutet gummi	målad med linolja?
Moderna Museet	MM-677	NMB 2043	Keith Sonnier: »Flockad«	orangebrun	spröd		1969	uselt	spröd, missfärgad	nedbrutet gummi	
Moderna Museet	MM-678	NMB 2043	Keith Sonnier: »Flockad«	gulvit	flexibel		1969	dåligt	ej så nedbruten	gummi, hyfsad kvalitet	Jfr IR 676, 677, 678
Moderna Museet	MM-679	NMB 2043	Keith Sonnier: »Flockad«	grå fibrer	styv		1969	skapligt	styv	CA (?)	
Moderna Museet	MM-680	NMB 2043	Keith Sonnier: »Flockad«	grå	styv		1969	bra	inga synliga skador	cellulosa	
Moderna Museet	MM-681	NMB 106/1967	A. Arman	gulvit	hård		före 1967	skapligt	hård, spröd, gulnat	polyester/alkyd	
Moderna Museet	MM-682	NMSK 1941	Christo: »Emballage«	transparent	flexibel		1965	skapligt	klibbig beläggning, smuts	PVC	mjukgöraren migrerar
Moderna Museet	MM-683	NMSK 2081:1	Hans Fredlund: »Blundare«	transparent	hård		1969	skapligt	repig, gulnat	alkyd	
Moderna Museet	MM-684	MOMSK 188	T. Olsson: »12 apor och ballerina«	svart	elastisk		1986	skapligt	mjuk, elastisk	PVC	
Moderna Museet	MM-685	MOMSK 192B	Ulf Rollof: »Bälg«	orangebrun	hård		1990	uruselt	spröd, sprickor, missfärgad, avflagnig	gummi? (vaxduk?)	
Moderna Museet	MM-686	MOMSK 192B	Ulf Rollof: »Bälg«	gulvit	mjuk		1990	skapligt	mjuknat (»Latex från Mexico«)	gummi? (vaxduk?)	
Moderna Museet	MM-687	MOMSK 192B	Ulf Rollof: »Bälg«	gulvit	mjuk		1990	bra	inga skador (förvarad i slutten plastpåse)	gummi	Jfr 685, 686, 687
Moderna Museet	MM-688	MOMSK 192A	Ulf Rollof: »Bälg VII«	orange	mjuk	Trelleb. Gummi	1990	dåligt	fragmenterad, nött	klor. PE 42 % CI (?)	liknar 675. hypalon
Moderna Museet	MM-689	MOMSK 192A	Ulf Rollof: »Bälg VII«	orange	flexibel	Trelleb. Gummi	1990	bra		klor. PE 42 % CI (?)	liknar 688 och 675, hypalon
Moderna Museet	MM-690	MOM 2006/86	Dick Bengtsson: »Huse«	brun	hård		1968	bra	inga	PS	
Moderna Museet	MM-691	NMG 287-321	Olle Baertling: bokomslag	blå	flexibel		1968	dåligt	spröd, sprickor, avflagnig	PVC	
Moderna Museet	MM-692	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	gul/vit	hård		1967	dåligt	spröd, sprickor, beläggning, missfärgad, smuts	PVC + mjukgörare	poly-diallylftalat
Moderna Museet	MM-692B	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	vit	hård		1967	dåligt	fragmenterad, materialförlust	PS	bortfallen bokstav

MAGA-SIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	UR-SPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILL-STÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Moderna Museet	MM-693	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	gul	styv		1967	dåligt	spröd, missfärgad, klibbig	PS? polydiallyftalat	
Moderna Museet	MM-694	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	orange	svampig		1967	uselt	spröd, missfärgad, materialförlust, svampig	polyuretan	
Moderna Museet	MM-695	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	gulorange	mjuk		1967	dåligt	gulnat, fragmenterad, materialförlust	polyuretan	
Moderna Museet	MM-696	NMSK 1994	Kjartan Slettemark: »Trappan«	rosaröd	styv		1967	skapligt	klibbig beläggning, smuts	alkyd (färg?)	polydiallyftalat
Moderna Museet	MM-697	NMSK 2009	César: »Expansion controlée rose«	rosa	hård		1968	dåligt	spröd, sprickor, missfärgad, gulnad	alkydstyrenplast (?)	
Moderna Museet	MM-698	NMSK 2009	César: »Expansion controlée rose«	rosa	hård		1968	dåligt	spröd, missfärgad, gulnat	alkyd	
Moderna Museet	MM-699	MMSK 1983	A. Miralda: »Soldats soldés«	vit	flexibel		1968	skapligt	gulnat (av lim?), missfärgad, smuts	PS	
Moderna Museet	MM-1700	NMSK 2083	Piero Gilardi: »Les galets«	gulbrun	mjuk		1967	dåligt	gulnat, fragmenterad, materialförlust	polyuretan-skum	
Moderna Museet	MM-1701	NMSK 2083	Piero Gilardi: »Les galets«	grön	mjuk		1967	dåligt	fragmenterad, materialförlust	?	
Moderna Museet	MM-1702	NMSK 2083	Piero Gilardi: »Les galets«	gul	mjuk		1967	dåligt	fragmenterad, materialförlust	?	liknar 1701
Moderna Museet	MM-1703	MOM/2005/227	Niki de Saint-Phalle: »Figur«	gulgrå	styv		1964	dåligt	gulnat, materialförlust, smuts	något proteinlim	
Moderna Museet	MM-1704	MOM/2005/227	Niki de Saint-Phalle: »Figur«	svart	flexibel		1964	skapligt	smuts	PVC	
Moderna Museet	MM-1705	MOM/2005/227	Niki de Saint-Phalle: »Figur«	gul	spröd		1964	dåligt	gulnat, materialförlust, smuts	något proteinlim	
Moderna Museet	MM-1706	(utan nummer)	glasklar namnskylt	ofärgad	styv		1990?	bra	delvis gulnat	PVC	
Moderna Museet	MM-1707	(utan nummer)	Casco smältlim	ofärgad			2000?	bra	ej gulnad (!)	etylen-PVA	sampolymer
Moderna Museet	MM-1708		Steinel smältlim	ofärgad			2000?	bra		etylen-PVA	sampolymer
Moderna Museet	MM-1709	MOM. 2005.442	Edward Kienholz: »Untitled«	gulbrun	styv		1970	skapligt	spröd, styv, gulnat, klibbig yta, smuts	alkydfärg	
Moderna Museet	MM-1710	MOM. 2005.442	Edward Kienholz: »Untitled«	vit	styv		1970	skapligt	repig, gulnat, smuts	PS	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Moderna Museet	MM-1711	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	röd	spröd		1964	uruselt	spröd, frgnterad, materialförlust	nedbrutet gummi	
Moderna Museet	MM-1712	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	rosa	flexibel		1964	dåligt	sprickor, frgnterad, materialförlust	alkyd	
Moderna Museet	MM-1713	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	rosa	hård		1964	bra	inga skador	PS	
Moderna Museet	MM-1714	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	rosa	flexibel		1964	skapligt	beläggning, smuts	PVC	
Moderna Museet	MM-1715	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	brun	styv		1964	skapligt	materialförlust	PE	
Moderna Museet	MM-1716	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	beige	styv		1964	bra	inga synliga skador	PS	
Moderna Museet	MM-1717	NMSK 1859	Niki de Saint-Phalle: »Den rosa födelsen«	blå	styv		1964	skapligt	sprickor	PE	
Moderna Museet	MM-1718	NMSK 2133	Niki de Saint-Phalle: »Kingkong«	svart	spröd		1962	uruselt	frgnterad, sprickor, materialförlust	nedbrutet gummi	
Moderna Museet	MM-1719	NMSK 2157	Enrico Baj: »Punching general«	vit	flexibel		1969	skapligt		PVC, mjukgörare!	
Armémuseum	Arme-702	F121	Gummibåt	svart/gul	elastisk	DC-3	1942	skapligt	sprickor, smuts	gummi / linne	
Armémuseum	Arme-703	F121	dito, brunt gummi	brun	stelt	DC-3	1942	dåligt	avflagnig	åldrat gummi	
Armémuseum	Arme-704	FP124	Flytväst, packning vid ventil	svart	elastisk	DC-3	1942	uselt	sprickor, beläggning (vitgul), smuts, korrosionsbelagd	gummi	
Armémuseum	Arme-705	1069	Kabel	röd	?	DC-3	1942	dåligt	har blivit brandskadad	eten-propen-styren (?)	
Armémuseum	Arme-706	(saknas)	Plexiglasbit	ofärgad	hård	DC-3	1942	bra	vit beläggning	plexiglas	
Armémuseum	Arme-707	(saknas)	Gångjärn/metall-sprint	brungul		DC-3	1942	dåligt?	nött, smutsig; metallkorrosion	ICN: någon fenoplast	
Armémuseum	Arme-708	1069	Svart plast (del av elektronik)	svart	hård	DC-3	1942	dåligt	korrosion av metall	eten-propen-styren (?)	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLS-TYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RE-SULTAT	ANM.
Armémuseum	Arme-709	(saknas)	Plexiglas	ofärgad?	styvt?	DC-3	1942	dåligt	bubbligt av värmeskada, krackelerat	plexiglas	
Armémuseum	Arme-710	F136	Fyllning i dörr	gul/turkos	hård, spröd	DC-3	1942	skapligt?	spröd, missfärgad, smutsig	ICN: salt?	fenoplast?
Armémuseum	Arme-711	ID 79918	ksp m/38	beige	styv	Tyskland	1938	dåligt	fragmenterad, materialförlust, nött	? (vapenfett?)	
Armémuseum	Arme-712	ID 55340	PV-kanon 20 mm	svart	styv		1939	skapligt	krackelerad	(plast okänd)	
Armémuseum	Arme-713	INV 6525	ksp MP5	beige	hård	Tyskland		bra	inga	någon PA	
Armémuseum	Arme-714	INV 7300	AK mod 70/223	beigebrun	hård	Italien		skapligt		PA: nylon 11	
Armémuseum	Arme-715	(saknas)	Dyna (Voilock) under sadel	gul	elastisk		1950?	dåligt	missfärgad, spröd, gulnat, beläggning	PU	
Armémuseum	Arme-716	ID 62426	O-linjekorrektor	gul	hård		1950?	usel	plexiglas		
Armémuseum	Arme-717	T 36	Instrumentdel	gul transpar.	flexibel	DC-3	1942	skapligt	missfärgad, klibbig	PVC	
Armémuseum	Arme-718	T344	Nödproviantpaket	gul	styvt	DC-3	ca 1950	skapligt	styvnat, krackelerat, gulnat, materialförlust, smuts	ICN: akryl?	
Armémuseum	Arme-719	INV 116 946	Signalskiva	transparent				dåligt	gulnat, spruckit i tre delar	CN	
Armémuseum	Arme-720	INV 33940	Regnskydd till skärmmössa	transparent	sprött		1939	dåligt	sprött, sprickor	alkyd	
Armémuseum	Arme-721	INV 12686	Regnskydd till mössa	transparent	sprött		1952	dåligt	sprött, sprickor, gulnat	PVC	
Armémuseum	Arme-722	(saknas)	Plastskydd	transparent	flexibelt			bra	inga skador	LDPE	
Tekniska Museet	TM-1	TM 37690	Stolsdyna av skumplast	brungul	svampig		ca 1930–1940	uruselt	fragmenterad, äcklig lukt, bubblor, svampig	konstgummi, okänt	
Tekniska Museet	TM-2	dito	dito, ytskiktet				ca 1930–1940	(färg)		torkad oljefärg	
Tekniska Museet	TM-3	TM 36163	Hörselskydd, »Supro«, skumplast	brun	svampigt		ca 1930–1940	uruselt	fragmenterat, svampigt, materialförlust	polyuretan	
Tekniska Museet	TM-4	TM 22791	Spiralformat slangskydd	beige	styvt		ca 1930–1940	uselt	styvt, krackelerat, bubblor, missfärgat	PVC	

MAGASIN	LÖPNR	INV.NR	FÖREMÅLSTYP	PLASTENS FÄRG	MEKANISKT	URSPRUNG	TILLV. EL. FV=FÖRVÄRV	TILLSTÅND	SKADOR	FTIR-RESULTAT	ANM.
Tekniska Museet	TM-5	TM 22791	Tunn slang inuti ovanstående	gul	mjuk		ca 1930–1940	uselt	klibbig, oljig, missfärgad	PVC	
Tekniska Museet	TM-6	TM 22791	Slang	gul	styv		ca 1930–1940	uselt	styv, hård, deformerad	PVC	
Tekniska Museet	TM-7	TM 42811	Glasögonskalm	grå	hård		ca 1930–1940	dåligt	krackelering, vit beläggning, missfärgad	cellulosa-triacetat	
Tekniska Museet	TM-8	TM 42804	Slang	orange	styv		ca 1930–1940	uruselt	fragmenterad, sprickor, missfärgad, styv	åldrat gummi	
Tekniska Museet	TM-9	TM 42 804	Slang	gul/brun/svart	styv		ca 1930–1940	uruselt	fragmenterad, deformerad, missfärgad, nött	åldrat gummi	
Tekniska Museet	TM-10	TM 38121	Band till kuvert-maskin	orange	hårt		1920	uruselt	hårt, sprött, fragmenterat, sprickor, missfärgat	åldrat gummi	
Tekniska Museet	TM-11	TM 41470	Dataväska	grå	styv		1970-tal	uselt	styv, krackelerad, fragmenterad, missfärgad	? (bara färgen syns i IR)	





## APPENDIX 2. Externt framtagna specifikationer för några vanliga plaster

### BIDRAGEN TILL DETTA APPENDIX HAR TAGITS FRAM AV NEDANSTÅENDE KONSULTER:

*Polyeten:* Tekn. dr Karin Jacobson vid Swerea KIMAB (före detta Korrosions- och Metallforskningsinstitutet i Stockholm).

*Polypropen:* Kay Grinneback (M. Sc.) vid Institutet för Fiber- och Polymerteknologi (IFP Research) i Mölndal.

*Polyvinylklorid:* Kay Grinneback (IFP Research).

*Polyamid:* Docent Ignacy Jakubowicz vid Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås, före detta Statens Provningsanstalt (SP).

*Polyuretaner:* Professor Sigbritt Karlsson vid KTH:s Institution för Fiber- och Polymerteknologi och Tekn. dr Karin Jacobson (Swerea KIMAB).

*Polyestrar:* Docent Ignacy Jakubowicz och Tekn. dr Nazdaneh Yarahmadi (SP).

En del av bidragen har kortats ned. Smärre språkliga ändringar förekommer också.

### POLYETEN (PE)

Polyeten har den enklaste strukturen av alla polymerer och innehåller bara kol och väte i repeterade  $-\text{CH}_2-$ grupper. Den är även vår vanligaste plast. Polyeten är generellt mindre känsligt för nedbrytning än polypropen tack vare sin raka struktur. Vissa typer av PE innehåller dock en del förgreningar, framförallt de historiskt tidiga sorterna vilket ökar deras känslighet för nedbrytning. Precis som PP är även PE känslig för höga temperaturer och UV-ljus samt för annan typ av bestrålning (till exempel gamma- och betastrålning). I dag används cirka 25 procent av världsproduktionen av stabilisatorer till polyeten och 40 procent till polypropen.

Polyeten syntetiserades redan 1898 av den tyske kemisten Hans von Pechmann, som framställde den av misstag. När hans kollegor karakteriserade det vita »vaxet« som han framställt, så fann de att det bestod av långa  $-\text{CH}_2-$ kedjor och kallade det polymetylen. Den

första industriellt praktiska polyetensyntesen utfördes, även den av misstag, av forskare på ICI år 1933. Denna process var basen för den industriella produktionen av LDPE (lågdensitetspolyeten) som startade 1939. Polyeten användes tidigt för isolering av telekablar och till förpackningar.

#### **Tillsatser (additiv) i polyeten med fokus på tiden före 1970**

De stora producenterna av additiv till plaster har historiskt sett varit Ciba och Hoechst. Ciba heter numer Ciba Specialty Chemicals och är fortfarande världsledande på försäljning av stabilisatorer. Irganox, Irgafos och Tinuvin är handelsnamn på några av Cibas stabilisatorer. Hoechst ingår numera i Clariant, men handelsnamnet Hostanox, som deras antioxidanter sålts under, lever kvar.

#### **Polymerisationsinitiatorer**

Polymerisationsinitiatorer brukar generellt inte räknas till additiven, eftersom de krävs för att skapa en polymer och inte är något som adderas till den färdiga polymeren. Eftersom rester från dessa dock kan påverka plastens stabilitet och därmed livslängd så tas de ändå upp här. Många av de ovan nämnda katalysatorsystemen bestod, och består fortfarande, av metallföreningar. Metalljoner kan dessvärre påskynda nedbrytningen av plast. Framför allt gäller detta övergångsmetaller som kobolt, järn och koppar, vilka kan ha flera oxidations-tillstånd. En del katalysatorsystem ger också sura föreningar. Stora mängder katalysatorrester kan därför leda till att materialet bryts ned, och i dag tillsätts ofta extra stabilisatorer (metalldeaktiverer) för att skydda mot detta. I den tidiga utvecklingen av polyeten var detta dock inte känt, varför det kan uppstå problem med äldre föremål av polyeten.

#### **Katalysatorer**

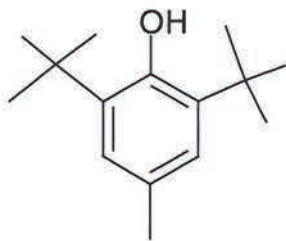
Efter andra världskriget har polyetenutvecklingen inriktats på nya katalysatorer för att polymerisera eten under mildare förhållanden och med bättre kontroll av strukturen. År 1951 fann forskare vid Philips Petroleum en katalysator baserad på kromtrioxid, och 1953 utvecklade den tyske kemisten Karl Ziegler ett katalysatorsystem baserat på titanhalider och organoaluminium. Mot slutet av 1950-talet

användes både Phillips- och Ziegler-katalysatorerna för industriell tillverkning av HDPE (högdensitetspolyeten). De senare kallas även för Ziegler–Natta-katalysatorer eftersom Giulio Natta i Italien förfinade de katalysatorsystem som Ziegler utvecklat. Ziegler och Natta delade på Nobelpriset i kemi 1963 för sitt arbete. Ziegler–Natta-katalysatorerna ger sura biprodukter. För att förhindra korrosion på maskinutrustningen tillsätts därför så kallade »acid scavengers« (»syrauppfångare«). Dessa är vanligen stearater av zink eller kalcium. En tredje typ av katalysatorsystem, de så kallade metallocenerna, utformades 1976, återigen av tyska forskare. Med hjälp av dessa och vidareutvecklingen av Zieglerkatalysatorerna så kunde flera nya typer av polyeten tillverkas, bland annat LLDPE (linjär lågdensitetspolyeten) och UHMWPE (ultrahög molekylviktspolyeten).

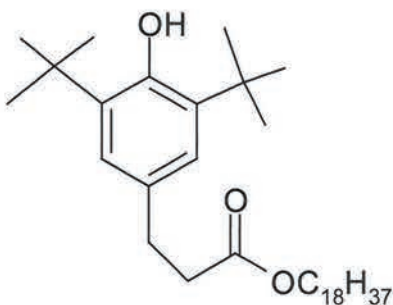
### Processhjälpmedel

Processhjälpmedel tillsätts för att underlätta bearbetningen av plasten till dess slutliga form. I början hade man inte problem med bearbetningen, men när de nya katalysatorerna gjorde sitt intåg på 1950-talet uppträdde plötsligt olika sorters smältbrott, det vill säga polymeren höll inte ihop i smält tillstånd. Polymeren bildar normalt en sammanhängande högviskös smälta och om denna brister eller blir oregelbunden störs bearbetningen, och resultatet blir antingen fula märken i ytskiktet eller ständiga avbrott i den annars kontinuerliga strängsprutningen. Detta ledde till att mycket material måste kasseras, och fördyrade givetvis produktionen.

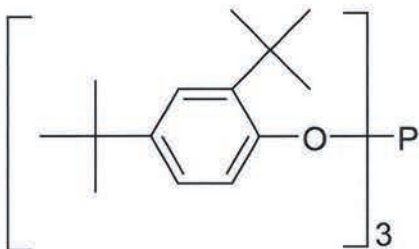
Anledningen till att antalet smältbrott var vanligare för de nya materialen visade sig bero på att dessa innehöll mindre mängd lågmolekylärt material. I de gamla processerna var det alltid en del polymerkedjor som inte blev så långa men i de nya processerna blev alla kedjor ungefär lika långa. Denna jämnare molekylviktsfördelning är, för nästan alla andra egenskaper, positiv men ger också ett mer trögflytande material, vilket gav upphov till problemet med smältbrott. För att komma tillrätta med detta tillsatte man vax eftersom detta kan betraktas som »lågmolekylär PE«. Andra vanligt förekommande processhjälpmedel var metallstearater och fettsyra-derivat. Exempelvis används kalciumstearat fortfarande som processhjälpmedel, men som tidigare nämnts kan metalljonerna påskynda nedbrytningen



Strukturformeln för BHT.



Strukturformeln för Irganox 1076, en typisk antioxidant för polyeten.



Strukturformeln för Irgafos 168, en typisk bearbetningsstabilisator för polyeten.

av plasten. Vissa metallstearater, såsom järnstearat, används för att tillverka snabbt nedbrytbar polyeten som används exempelvis till skyddsfilm inom jordbruket.

Under 1960-talet introducerades fluorpolymerbaserade processhjälpmedel för polyeten. De har sedan dess varit de främst förekommande processhjälpmedlen och används framförallt i LLDPE. De är godkända att användas i kontakt med livsmedel och ger ingen känd påverkan på långtidsstabiliteten. Sedan tidigt 70-tal används även silikonolja som processhjälpmedel för polyeten.

### Stabilisatorer

Intressant nog har det inte hänt så mycket med de typer av stabilisatorer som använts till polymerer under årens lopp. Från det att man i mitten av 1800-talet upptäckte att anledningen till att gummi blev sprött var oxidation av luftsyret, så har kemikalier ur gruppen hinderade fenoler använts för att motverka denna oxidation. Figuren intill visar strukturformeln för BHT, den enklaste av de hinderade fenolerna och en av de stabilisatorer som tidigt började användas. (Ett exempel på en naturligt förekommande hindrad fenol är Vitamin E. Den används som antioxidant i våra kroppar och har på senare år också slagit igenom som en biokompatibel stabilisator i just polyeten.)

Vad gäller stabilisering av PE mot oxidation så användes nästan uteslutande Irganox 1076 fram till mitten av 1970-talet.

Ett stort problem med Irganox 1076 är att den gulnar när den blir gammal. Det är således inte plasten i sig själv som gulnar utan antioxidantens! PE måste även stabiliseras mot det påfrestande bearbetningssteget. Detta sker nämligen vid en, för polymeren, mycket hög temperatur på cirka 300°C. Som bearbetningsstabilisator användes oftast, precis som i dag, trevärda fosfiner, som exempelvis Irgafos 168. Generellt användes dock alltför låga koncentrationer, vilket ledde till en viss nedbrytning.

I PE-produkten som ska användas utomhus tillsätts en UV-stabilisator. Det var generellt benzofenoner som användes (se nedan). Dessa används till viss del än i dag. Dioxybenzone användes, förutom i plaster, även i solskyddskrämer.

Efter cirka 1975 började de »hinderade aminstabilisatorerna« (HALS) göra sitt intåg. Dessa fungerar både som UV-stabilisator och anti-

oxidant. Det finns också en viss möjlighet att de stabilisatorer som förr användes med stor framgång för att stabilisera PVC, nämligen en blandning av kadmium- och zinkstearat, använts även i polyeten.

### Pigment

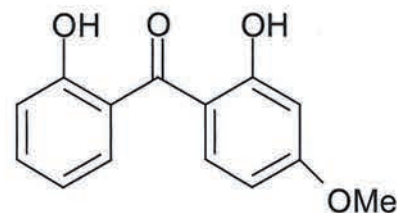
Det är främst oorganiska pigment som använts, såsom titandioxid, zinkoxid, järnoxider och andra metallbaserade pigment innehållande bland annat koppar, molybden, kobolt, krom, kadmium och bly. Kadmium förbjöds 1982 som tillsats i plaster, men användes tidigare i gula och röda pigment. Även ovan nämnda metallers joner kan i vissa fall påskynda nedbrytning av plasten, framför allt övergångsmetaller som kobolt, järn och koppar. Många av dem är även fotoaktiva, det vill säga de påskyndar UV-nedbrytningen. Detta gäller exempelvis titandioxid. Kimrök (kol) har använts för svarta och gråa nyanser. Kimrök ger dessutom en viss positiv effekt på de mekaniska egenskaperna. Denna är dock inte lika påtaglig som för gummi. Kimrök stabiliserar dessutom plast och gummi mot UV-nedbrytning.

### Fyllmedel

Fyllmedel tillsätts oftast för att dryga ut plasten och måste därför vara billigare än polymeren själv. Det är sålunda främst naturliga mineraler såsom kalciumkarbonat (krita), kiseldioxid, talk och mica som använts. Kimrök har även använts i begränsad utsträckning som förstärkande fyllmedel. Fyllmedlen kan i värsta fall göra plasten mer känslig för UV-ljus. (Gäller *inte* kimrök!). De kan även påverka stabiliteten negativt genom att de ofta adsorberar andra tillsatser på sin yta. Detta kan leda till att en stor mängd av de tillsatta stabilisatorerna inte blir verksamma.

### Förvaring av produkter tillverkade av polyeten

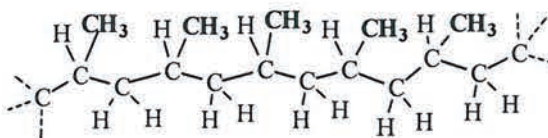
Generellt gäller att livslängden för polyeten påverkas minst om plasten förvaras mörkt och svalt. UV-ljus är mycket skadligt, framförallt på material som inte tillverkats för utomhusbruk och därför inte innehåller någon UV-stabilisator. Även lysrör kan ha negativ inverkan på stabiliteten, eftersom de ibland avger kortvågigt ljus. Fukt påverkar inte polyeten i någon nämnvärd utsträckning. Vissa pigment och fyllmedel kan emellertid påverkas i en extremt fuktig miljö.



Strukturformeln för dioxybenzone, en typisk UV-stabilisator.

## POLYPROPEN (PP)

### Kemisk struktur



### Allmänna egenskaper

Polypropen, PP, är en semikristallin, halvgenomskinlig plast. Homopolymeren har den högsta kristallinitetsgraden, medan tillsats av eten minskar denna. Homopolymererna är relativt styva, medan sampolymererna är mjukare. Sampolymererna är mer slagåliga än homopolymererna. PP är mycket kemikalieresistent men tåligheten mot UV-strålning är begränsad och speciella additiver/färger (mörka) är nödvändiga för utomhusbruk. Temperaturtåligheten uppåt för homopolymer brukar anges till 130–150°C vid kortvarig belastning medan den för sampolymererna ligger 10–20°C lägre. Som för alla termoplaster mjuknar PP successivt med ökande temperatur. Vid långvarig temperaturbelastning kan man tillåta upp till 120°C om plasten innehåller stabilisatorer för att undvika termooxidativ nedbrytning. Nedåt är begränsningen slagsegheten som försämras kraftigt under glasomvandlingstemperaturen som ligger mellan –10 och –20°C.

Alla PP-plaster är svåra att limma och lackera. En viss adhesion kan dock fås genom ytmodifiering före målning/limning, till exempel genom koronabehandling eller flamning. Primers baserade på klorerad PP finns även.

Antistatmedel tillsätts främst till folier. Det är vanligen fuktbindande substanser som används. PP absorberar i princip inte fukt och barriäregenskaperna mot fuktgenomgång är därför mycket goda. Bensin och oljor diffunderar dock sakta genom PP. Ingen påverkan från aminer. Rent PP flyter i vatten (liksom PE). Kan färgas i olika kulörer.

### Tillverkningsprocesser

PP tillverkas genom katalytisk polymerisation av propen. Den klassiska katalysatorn är av så kallad Ziegler–Natta-typ och baseras på

titanklorid aktiverad med en organisk aluminiumförening. På senare tid har olika metallocenkatalysatorer utvecklats. Dessa är ofta baserade på en zirkoniumförening aktiverad med en alkoxyd. Produkter av PP tillverkas genom formsprutning, profilextrudering, folieblåsning och smältspinning till fibrer. Även formblåsning förekommer.

### Stabilisatorer

Ostabiliserad PP har dålig hållbarhet, mycket sämre än PE. Plasten missfärgas, mörknar och får dåliga mekaniska egenskaper. Utomhus är hållbarheten för ostabiliserad PP mindre än en månad! All PP skyddas därför av stabilisatorer. *Antioxidanter* (någon eller några tiondels procent) och UV-stabilisatorer är de vanliga tillsatserna. Polymerkedjorna kapas och plasten försprödas. Som antioxidant används ofta blandningar av fenoliska och fosfitiska föreningar.

Som *UV-stabilisatorer* används ofta UV-absorberande föreningar (benzophenonderivat, salicylsyrestrar med mera) och HALS. Kimrök är effektivt mot UV men produkten kan då endast fås i svart/grå kulör. Skydd för UV-ljus skapas bäst genom att infärga plasten med 1–3 procent svart pigment av kimrök. Även andra pigment har effekt. Plasten kommer dock att brytas ned på ytan och defekter syns som gråfärgning av den pigmenterade ytan. Icke färgande UV-skydd ger varierande grad av hållbarhet.

Nedbrytning av PP katalyseras av vissa metalljoner (främst koppar) och för applikationer som kabelisolering tillsätts därför metalldeaktiverare. Vissa UV-absorbenter och alla antioxidanter förbrukas med tiden och därmed begränsas livslängden.

### Fukt-påverkan

Alla traditionella PP-polymerer är helt fuktbeständiga.

### Temperatur

PP som omodifierat grundmaterial har god åldringsstabilitet upp till 40–50°C. Vid förhöjd temperatur startar oxidation och molekylkedjorna klipps av, varvid plasten blir spröd. Antioxidanter förhindrar detta, och med optimal stabilisering kan PP klara 110–120°C under flera år. Kvarvarande aktivt oxidationsskydd kan mätas genom en metod som kallas OIT (Oxidation Induction Time/Temperature).



### Luftkvalitet

Ozon är aggressivt mot PP. Antioxidanterna förbrukas och plasten försprödas sedan. Kvarvarande oxidationsskydd mäts genom OIT.

### Mikroorganismer

PP är inte känslig för mikroorganismer.

### pH

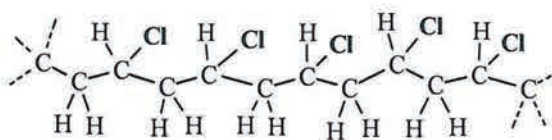
PP klarar alla praktiskt förekommande pH om man undantar de starkast oxiderande syrorna.

### Radikaler

Fria radikaler angriper i första hand antioxidanterna varefter kedjebrott uppstår med förspädning som följd. Kvarvarande skydd mäts genom OIT.

## POLYVINYLKLORID, VINYLPLAST (PVC)

### Kemisk struktur



### Allmänna egenskaper

PVC är en mycket mångsidig, amorf plast med stark polaritet. PVC kan vara hård som betong till mycket mjuk, där den ersätter natur- och konstgummi. PVC är en utmärkt elektrisk isolator och används ofta till elkablar. Den omodifierade plasten har en glasomvandlingstemperatur på omkring 82°C. PVC modifieras alltid med stabilisatorer. Plasten är inte användbar utan dessa. Många tillverkare har sina egna stabilisatorer. Det betyder att riskfaktorerna varierar avsevärt beroende på tillverkning och sammansättning. Riskfaktorerna är främst ljus och värme men ett brett spektrum av faktorer samverkar (se nedan).

### Tillverkningsprocesser

Basplasten tillverkas huvudsakligen i vattendispersion. Två huvudtyper tillverkas, en för termoplastisk process och en för plastisolprocess. Förädlingen till produkter sker i termoplastfallet genom att värma plasten till smältning varefter den antingen extruderas till profiler, kalandreras (valsas) till folie eller formsprutas. Vakuumformning av arkmaterial är även vanligt förekommande.

Plastisoltekniken innebär att basplasten dispergeras i mjukgörare varvid en viskös vätska erhålles. Denna vätska omvandlas till mjukgjord PVC genom uppvärmning varvid mjukgöraren absorberas i PVC-kornen. Bstrykning och doppling är vanliga processer för att göra produkter av PVC-plastisol.

### Olika tillsatser i PVC

PVC har funnits på marknaden sedan 1930-talet (USA, Tyskland), både som styv och mjuk plast. PVC-polymeren har i grunden ett inre stabilitetsproblem där klorväte avspaltas. Detta sker i värme eller under ljuspåverkan. Det är även så att nedbrytningen katalyseras av bildat klorväte vilket accelererar förloppet (så kallad autokatalys). För att göra plasten användbar fordras därför *stabilisatorer*.

Från introduktionen av PVC har ämnen med tungmetallerna bly, kadmium och barium använts (till exempel stearater eller sulfater) och även organiska tennföreningar. Som *hjälpstabilisatorer* har ämnen innehållande kalium, kalcium och zink använts. Dessa kom till ökad användning omkring 1970 då kadmium började fasas ut. Vid sidan av metallföreningar har *antioxidanter* använts för stabilisering. Den vanligaste är epoxiderad soyabönlja, vilken använts sedan 1960-talet. Epoxiföreningen förbrukas med tiden och dess funktion försvinner, vilket dock kan ta avsevärd tid i god miljö. Sedan mitten av 1970-talet ingår ofta fosforföreningar i stabilisatorerna. Sedan 1990-talet har bly successivt minskat i användning och i dag är de flesta stabilisatorer baserade på kalcium, zink och barium. Fosfor och epoxi ingår för det mesta.

Andra tillsatser är *smörjmedel* och *emulgatorer* från tillverkningen. Många av dessa är känsliga för mögelangrepp i fuktig miljö. Det är främst plastisolerade produkter som löper denna risk. Dessa tillsatser har funnits sedan PVC:ns barndom. Mögelförhindrande tillsat-

ser (*biocider*) förekommer. Arsenikhaltiga substanser användes i början. Från mitten av 1970-talet fram till år 2000 har en mycket stor variation i stabiliseringssystemen förekommit. Vi kan därmed förvänta oss en mycket stor spridning av åldringsegenskaperna hos PVC från denna tid.

*Mjukgörarna* har varierat kraftigt under åren. Fram till 1960-talets slut var det främst ftalater, till exempel DEHP och DOP, som användes, men även adipater. Vid tillsats av en mjukgörare sänks den så kallade glasbildningstemperaturen, och plasten blir mjukare. De lättflyktiga (och carcinogena) ftalaterna DBP och BBP förekom som processhjälpmedel. Sedan kom krav på lägre flyktighet, och då introducerades tyngre ftalater som DIDP samt linjära ftalater. Sedan 1980-talet har DEHP och de lättflyktiga ftalaterna generellt minskat i användning till de tyngre ftalaternas fördel. Sedan 1980 kan man knappast tala om något flyktighetsproblem hos mjukgjord PVC. Sedan 2000 sker en utfasning av DEHP i många produkter på grund av misstänkt cancerogen effekt. Citronsyrabaserade mjukgörare förekommer från 1995 som ersättning för ftalatbaserade, och skälet är befarade miljörisker med ftalater. Oljebeständig mjukgjord PVC tillverkas med polyester-mjukgörare eller polymera mjukgörare. Polyester-mjukgörarna är utsatta för bakterieangrepp och är även känsliga för hydrolys. Oljeresistent mjukgörare används ofta i kombination med ftalater. Dessa produkter har funnits sedan 1950-talet i olika skepnader. Polyestrar är den vanligaste basen i dessa. Små mängder traditionella mjukgörare ingår oftast som processhjälpmedel.

Generella bedömningar om åldringshärdigheten hos PVC tillverkad vid olika tidpunkter kan inte ges då stabilitetsökning i baspolymer och den ökade kunskapsbasen helt utnyttjats för eliminering av vådliga tillsatser samt kostnadssänkning. Varje tillverkare har också haft sina egna recept vilket givit mycket stora variationer.

### **UV-påverkan**

PVC är i grunden känslig för allt ljus. Klorväteavspaltning är största risken. Ljusbeständigheten utvärderas för olika produkter vid optimering, och är anpassad efter föreliggande behov. Väl stabiliserad PVC uppvisar mycket god UV/ljus-beständighet och PVC används ofta i utomhusapplikationer.

Mjukgjord pvc har samma problematik som styv pvc. Som uv-absorbatorer har även använts derivat av benzofenon och benzotriazol. Organiska tennföreningar förekommer ofta i produkter med krav att motstå ljus.

### **Fuktpåverkan**

Själva pvc:n är mycket fuktbeständig. Emulgatorer från pvc-tillverkningen, speciellt för plastisolbaserad mjuk pvc, kan mögla, varvid missfärgning uppstår. Olika färger förekommer på möglet.

Mjukgörare kan brytas ned av fukt genom hydrolys. De flesta mjukgörarna är estrar och de är potentiellt känsliga speciellt i sura eller basiska miljöer. Nedbruten mjukgörare lakas lätt ut ifrån produkterna vid vattenkontakt. Nedbrytningsprodukterna är även till viss del flyktiga. Mjukgörare kan även attackeras av mikroorganismer.

### **Temperatur**

Förhöjd temperatur skadar all pvc. Främst är det klorväteavspaltning som är risken. Brunfärgning är tecken på nedbrytning.

Temperaturhöjning är även verksam för att öka flyktigheten hos eventuella mjukgörare; förstyvning och försprödning blir resultatet. Även krympning är tydligt. Flyktigheten var ett problem fram till slutet av 1970-talet varefter mer svårflyktiga mjukgörare börjat användas.

### **Luftkvalitet**

pvc avspaltar klorväte. Klorväte är en nedbrytningskatalysator och måste tas bort. Ventilation är en effektiv metod om vi inte har problem med flyktiga mjukgörare. Klorväteabsorbenter kan även ta bort nedbrytningskatalyseringen.

### **Mikroorganismer**

Mikroorganismer är endast aktiva i fuktig miljö. Se avsnitt om fukt ovan.

### **pH**

Höga eller låga pH-värden påverkar mjukgörarna så att hydrolys kan ske i fuktig miljö.

Låga pH-värden påskyndar klorväteavspaltning. Höga pH-värden skyddar mot klorväte.

### Radikaler

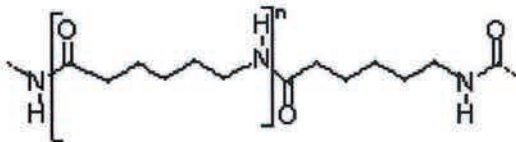
Både pvc och mjukgörare far illa av radikaler. Radikaler kommer från luftföroreningar och ljus. Stabilisatorerna ska skydda både mot klorväteavspaltning, kedjebrott i pvc-kedjan och de långa kedjorna i eventuella mjukgörare. För detta används antioxidanter vilka dock förbrukas med tiden.

### Aminer

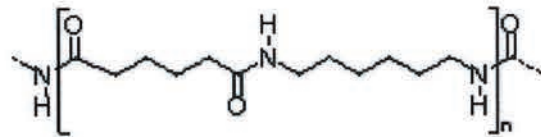
pvc är känslig för aminer. Det visar sig genom att kontakt med aminhaltiga material påskyndar nedbrytning. Speciellt har detta visat sig i kontakt med vissa skummade polyuretaner där aminer förekommer.

### POLYAMIDER (PA)

Polyamider utgör den viktigaste gruppen av konstruktionsplaster. Gruppen omfattar olika strukturer såsom PA 6, PA 6,6, PA 6,9, PA 6,10, PA 6,12, PA 11, PA 12, aromatisk PA och speciella polyamider. De första polyamiderna var PA 6 och PA 6,6 och den första kommersiella produkten var en tandborste med borst av nylon som introducerades av DuPont 1938. Året därpå lanserades de tunna nylonstrumporna, som snabbt blev mycket populära. Den aromatiska polyamiden Kevlar (en så kallad aramid) framställdes 1974. Den har en grafitliknande struktur med formeln  $-C_6H_4-(C=O)-NH-C_6H_4-$  och användes bland annat till skottsäkra västar.



Polyamid 6



Polyamid 6,6

### Allmänna egenskaper

Mekaniska och fysikaliska egenskaper hos polyamider är beroende av andelen multipla sekundära bindningar mellan amidgrupper från intilliggande kedjor. Dessa kontrollerar den morfologiska strukturen och bestämmer kristallinitet och smälttemperatur ( $T_m$ ).  $T_m$  varierar för olika PA och kan användas för identifiering av olika PA; PA 6 har till exempel  $T_m \approx 225^\circ\text{C}$ , PA 6,6 har  $T_m \approx 265^\circ\text{C}$  och PA 12 har  $T_m \approx 180^\circ\text{C}$ . Fuktens förmåga att mjukgöra PA är välkänd och har en stor påverkan på många egenskaper såsom mekanisk hållfasthet, styvhet, krypresistens, elektriska egenskaper med mera. Det mättade vatteninnehållet vid jämvikt varierar stort mellan olika polyamider och kan vara så mycket som 12 procent för PA 6 och mindre än 1 procent för PA 12.

Generellt uppvisar polyamider goda mekaniska egenskaper, nötningresistens (till exempel i lager och kugghjul) och kemisk resistens. Det finns många tillsatser inklusive fyllmedel som kan användas för att förbättra olika egenskaper. Med glasfiber erhålls högre draghållfasthet och styvhet, bättre dimensionsstabilitet och lägre fuktupptagning. Med värmestabilisatorer erhålls kvaliteter som kan användas vid relativt höga temperaturer.

### Polymerframställning

Tillverkning av PA 6 utgår från  $\epsilon$ -kaprolaktan som upphettas till 533 K i en inert atmosfär av kväve under 4–5 timmar. Kaprolaktan, som har sex kolatomer, är ringformad och innehåller en peptidbindning. Ringstrukturen bryts vid den höga temperaturen i varje peptidbindning så att det bildas en aktiv grupp på varje sida och två nya bindningar, i takt med att monomerer blir en del av huvudkedjan. PA 6,6 tillverkas genom en kondensationsreaktion mellan adipinsyra och hexametylendiamin. I första steget bildas ett salt av amin och syra utan kondensation, vilket följs av polykondensation. Processen är effektiv och kan användas för att framställa högmolekylär PA.

I lösning bildar aminosyror dipolära joner, även kallade zwitterjoner. Dessa kan bildas genom en reaktion mellan di-karboxylsyra och diamin, som vid uppvärmning till en relativt hög temperatur bildar den önskade polyamiden. Fördelen med denna teknik är att saltet kan fås mycket rent.

### **Tillverkning**

Nylon var den första kommersiellt framgångsrika polymeren och den första syntetiska fibern. Den var tänkt som ersättning för silke och används numera i tyger, linor och rep. Solid PA används som konstruktionsplast i till exempel kugghjul, skruvar, lager, maskinkåpor, verktygsskaft, block, taljor, kabelisolering med mera. Samtliga polyamider lämpar sig för formsprutning, formblåsning och extrudering. Vid tillverkning används skruvar med speciell form då amiderna mjuknar inom ett smalt temperaturintervall. Bearbetningstemperaturen anpassas efter PA-typ, skruvdiameter och övriga bearbetningsbetingelser. Eftersom polyamiderna utgör en mycket lågviskös smälta inom detta temperaturintervall, klassificeras deras flytbarhet med ett viskositetstal som anger deras relativa smältviskositet. För bearbetningen krävs normalt att råvarans vattenhalt ligger under 0,1 procent. Det är därför vanligt att formsprutade detaljer efter tillverkningen utsätts för vattenkonditionering. Denna har till syfte att under kontrollerade förhållanden tillföra detaljen den vattenmängd som motsvarar upptagningsförmågan vid användning under normala driftförhållanden.

### **Termooxidativ nedbrytning och stabilisering**

I vanliga fall behöver inga processtabilisatorer användas i alifatiska polyamider vid tillverkning. Den termooxidativa nedbrytningen är beroende av kristalliniteten och densiteten av den amorfa fasen i PA. Traditionellt stabiliseras alifatiska PA med små mängder kopparsalter ( $\approx 50$  ppm) i kombination med halogenjoner av jod och brom. För LTTs (long term thermal stability applications) används aromatiska aminer men dessa orsakar missfärgning. Fenoliska antioxidanter stabiliserar alifatiska PA genom att förbättra initialfärgen och kan tillsättas under polymerisationen innan termineringsfasen. Generellt fungerar koppar/jod-stabilisering bäst vid höga temperaturer ( $>150^{\circ}\text{C}$ ) medan fenoliska antioxidanter är mer effektiva vid lägre temperaturer. Effekt av åldring ses ofta relativt tidigt i form av missfärgning, medan de mekaniska egenskaperna förblir opåverkade under en betydligt längre tid.

### Fotoinitierad nedbrytning

Alifatiska polyestrar absorberar kortvågigt solljus i liten omfattning. Det mesta av absorptionen tillskrivs föroreningar som finns i materialen. Enligt de senaste teorierna sker fotoinitiering genom direkt excitation av –NH –CO-kromoforer genom ljus med våglängder upp till 340 nm. Ljus med högre våglängder exciterar kromoforer som finns i form av defekter i polymeren eller som föroreningar. Vattnets roll i utomhusåldring av PA antas vara begränsad till hydrolys av bildade imidgrupper. Ytterligare faktorer som påverkar PA:s fotooxidation är korrosiva luftföroreningar såsom ozon och kväveoxider.

Laboratorieexperiment har visat att nedbrytningen i UV-ljus ökar betydligt med ökad relativ luftfuktighet och temperatur. Kedjebrott kan ske som ett resultat av en direkt fotolys med ljus under 340 nm och hydrolys av imidgrupper. Andra tecken på fotooxidativ nedbrytning av PA är bildande av hydroperoxider, imider, aldehyder, karboxylsyror med mera.

Fotonedbrytningen är koncentrerad till ytan. Stabiliserande effekt av kimrök är tillräcklig för att PA-material, under 12 års exponering i tropiskt klimat, bibehåller godtagbara mekaniska egenskaper. För att ytterligare skydda PA-material mot fotonedbrytning kan fenoliska antioxidanter, kopparföreningar och HALS (hindered amine light stabilizer) användas. De bästa resultaten har uppnåtts med en ternär kombination av en fenolisk antioxidant med fosfit och en HALS eller en kvartär kombination som förutom de nämnda komponenterna innehåller en benzotriazoltyp av UV-absorbator. Stabilisering av PA-fibrer behövs endast för långtids-UV-exponering. I PA 6 textilfibrer har den bästa effekten uppnåtts med HALS-3 som har gett en betydande förbättring av ljusstabiliteten. Det bästa skyddet mot gulning av fibrer har uppnåtts med hjälp av den högmolekylära HALS-4.

### Mikroorganismer

Utomhusexponering av polyamider har visat tydliga tecken på ingrodd smuts och mikrobiologisk påväxt. Sprickor och krackelering på ytan har också observerats, speciellt i tropikerna. De största effekterna har observerats i glasfiberfyllda material där betydande erosion av ytan har inträffat. Erosionen har frilagt glasfibrer på ytan som har dragit till sig smuts med åtföljande mikrobiologisk påväxt.



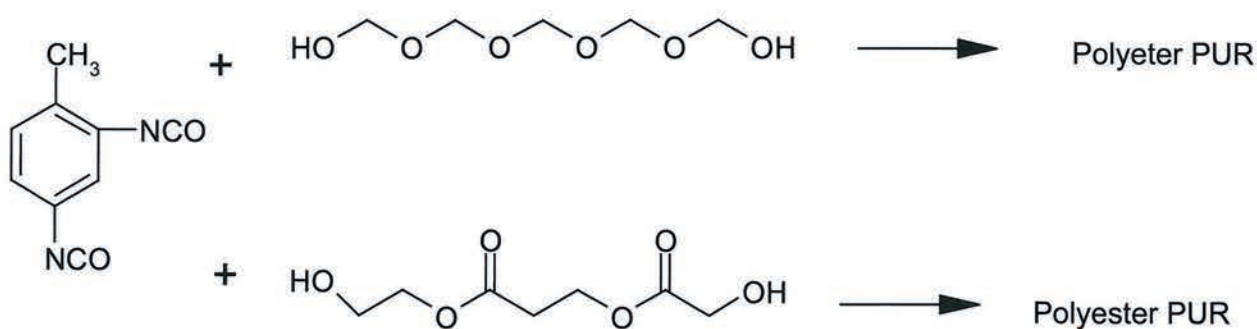
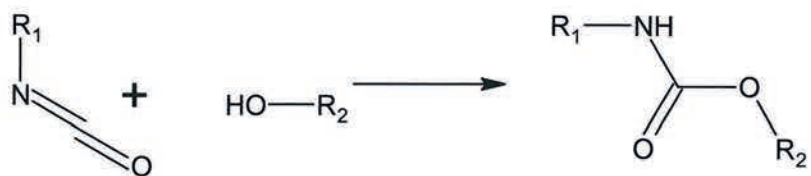
## POLYURETANER (PU, PUR)

Polyuretan (PU; ibland PUR för »Polyurethane Rubber«) är samlingsnamnet för alla polymerer innehållande den karakteristiska uretanbindningen (se nedan). PU är en sampolymer som framställs ur minst två olika monomertyper där en av dessa innehåller två eller fler isocyanat-grupper och den andra typen en polyol: flervärd alkohol, polyeter eller polyester. Då *di*-isocyanat och *di*-ol utgör råvaran för polymerisationen, erhålls en linjär PU, medan högre isocyanater och alkoholer ger polymerer med förgrenad eller tvärbunden struktur.

De vanligaste typerna av PU är polyeter-uretaner samt polyester-uretaner. Isocyanatet är oftast en aromatisk förening men kan även vara alifatisk, och polyolen är oftast av polyeter- eller polyestertyp.

På grund av att det går att variera de olika byggstenarna så mycket, finns det polyuretaner med mycket vitt skilda egenskaper. De kan vara av termoplasttyp och därmed smältbara, eller tillhöra kategorin hårdplaster och därmed osmältbara. Då de innehåller aromater blir

Reaktion mellan en isocyanat och en alkohol resulterar i en uretanbindning. Om  $R_1$  innehåller en eller flera isocyanatgrupper samt om  $R_2$  innehåller en eller fler hydroxylgrupper kommer polymerisation att ske.



Exempel på en typ av polyeter-polyuretan och en polyester-polyuretan. Isocyanatet som visas till vänster förkortas TDI, och är en av de vanligast förekommande.

de generellt mer känsliga för uv-nedbrytning och gulnar lätt, polyetrarna är känsliga mot termisk och oxidativ nedbrytning medan polyestrarna är känsliga för fukt.

### **Kort historik**

Polyuretan utvecklades av Otto Bayer 1937. Det första kommersiella materialet efterliknade nylon både i sin struktur och i sina egenskaper, men kunde på sikt inte konkurrera med detta material och försvann snart från marknaden. Under kriget utvecklades i stället polyuretaner med gummiliknande egenskaper. Dessa användes som ersättning för naturgummi. Denna framgång ledde till ytterligare utveckling av materialet och snart blev även polyuretan använd för ytbeläggning av exempelvis flygplan och skyddskläder, samt för rostskyddsmålning.

Efter kriget fortsatte utvecklingen mot civilt bruk. I mitten av 1950-talet fanns polyuretan i ytbeläggningar, limmer, elastomerer och som styv skumplast. Mot slutet av 1950-talet tillkom de mjuka skumprodukterna för stoppning av stolar och madrasser. Nya blandningar, additiv och bearbetningstekniker har sedan bidragit till att föra utvecklingen framåt med bilindustrin som en av de främst drivande näringarna. Fordons-, bygg-, madrass- och möbelindustrin samt termisk isolering står för 70 procent av den totala PU-konsumtionen.

### **Allmänna egenskaper**

PU är så kallade segmenterade polymerer, vilka är uppbyggda av alternerande hårda och mjuka segment. De mekaniska egenskaperna hos PU bestäms dels av den molekylära överlappningen mellan polymerkedjorna, dels av den supermolekylära strukturen. Beroende på den kemiska sammansättningen kan de mekaniska egenskaperna hos PU varieras avsevärt. Därför kan PU användas till en mängd olika applikationer, till exempel som gummi, styvt skum eller flexibelt skum. Vidare används PU för bestrykning samt som bindemedel (lim). PU uppvisar ofta hög mekanisk styrka, god nötningshärdighet samt god kemisk resistens, framför allt mot kolväten.

### **Tillverkning**

De flesta kommersiella metoderna för isocyanatframställning för PU baseras på fosfogenering av aminer eller aminsalter. Endast ett få-

tal kommersiella isocyanater används till PU-framställning, där de viktigaste är blandningar av 2,4- samt 2,6-tolylen-di-isocyanat, difenylmetan-di-isocyanat, naftylen-di-isocyanat samt hexametylen-di-isocyanat. Reaktionen där isocyanater och oligomerer bildar PU katalyseras av till exempel organometalliska ämnen eller tertiära aminer.

#### **Tillsatser (med fokus på additiv använda före 1970)**

*Polymerisationsinitiatorer.* Historiskt sett användes främst tennorganiska föreningar som polymerisationsinitiatorer. Många av dessa är dock hälsofarliga och bidrar till nedbrytning av polymeren. Därför har användningen av dessa minskat och ersatts av andra mindre skadliga föreningar. Ibland tillsätts inhibitorer för att minska polymerisationshastigheten då denna ibland är så hög att problem uppstår vid bearbetningen. Dessa inhibitorer är ofta någon typ av organisk syra. Deras användning var antagligen sparsam i polyuretanets tidiga utveckling men används ofta i dag.

*Ytaktiva medel.* Eftersom de olika komponenterna för tillverkning av polyuretaner ofta är svåra att blanda, tillsätts ofta tensider eller emulgeringsmedel. Andra ytaktiva ämnen tillsätts ofta för att optimera cellstrukturen vid tillverkning av cellplaster.

*Jäsmedel.* Vid tillverkning av skummade produkter används jäsmedel. Dessa var tidigare nästan helt uteslutande olika typer av freoner. Tekniskt sett var freonerna CFC 11 och CFC 12 idealiska drivmedel och gav cellplaster med mycket låg termisk konduktivitet. Freonerna har dock i stort sett fasats ut som jäsmedel sedan sambandet mellan freonutsläpp och nedbrytningen av ozonlagret blev känt i slutet av 1970-talet.

*Mjukgörare.* Mjukgörare tillsätts ibland till polyuretaner för att göra dem mer flexibla och/eller för att göra dem användbara vid lägre temperaturer. Typen av mjukgörare har ofta varit baserad på »trial and error«-metoden, och man finner bland annat olika typer av lågmolekylära polyetrar och polyestrar. Även ftalater, som ofta använts som mjukgörare i PVC, har antagligen också förekommit. Mjukgörare kan ställa till problem med migrering, det vill säga de rör sig ut ur plasten. Detta kan leda till att plasten blir spröd och/eller kladdig på ytan.

*Stabilisatorer.* Stabiliteten hos en polyuretan varierar beroende på vilka byggstenar den är uppbyggd av. Generellt är det samma typer

av stabilisatorer som används för PU och polyeten. En stor skillnad mellan polyeten och polyuretan vad avser stabiliteten är dock att vissa polyuretaner dessutom är känsliga för fukt. För att stabilisera mot hydrolys tillsätts ofta karbo-di-imider. Det är dock inte känt om detta användes även i tidiga polyuretaner. PU som tillverkats ur aromatis- ka isocyanater tenderar att gulna efter en tids exponering. Detta på- verkar inte plastens egenskaper, eftersom polymerkedjorna inte bryts ned, men ofta tillsätts UV-absorberande ämnen, till exempel ben- zotriazol eller benzofenon för att förhindra att plasten gulnar.

*Flamskyddsmedel.* När polyuretaner brinner bildas en tät och ibland mycket giftig rök. Tillsats av flamskyddsmedel är därför viktig. Ef- fektiva flamskyddsmedel för PU består av föreningar som innehåller halogener (bland annat brom) och fosforföreningar, ofta i blandning med tungmetaller. Både brom och tungmetallerna är nu förbjudna men förekommer ofta i äldre produkter.

*Pigment.* Generellt har ungefär samma typer av pigment använts för PU som för polyeten. Problem kan uppstå i polyuretaner med pig- ment som är lösliga i vatten då dessa har en tendens att vandra ut ur plasten och orsaka »blödning«.

*Fyllmedel.* Även fyllmedlen är i stort sett desamma för PU som för polyeten. Det är inte ovanligt med upp till 50 procent inblandning av kalciumkarbonat (krita).

### **Mekaniska egenskaper**

De mekaniska egenskaperna varierar kraftigt mellan olika PU. Ge- nerellt beror de dock av kedjeflexibiliteten i de mjuka och hårda seg- menten i polymeren, storleken hos segmenten, andelen av mjuka respektive hårda segment, förekomsten av vätebindningar, tvärbind- ningar, mikro-fasseparation samt kristallinitetsgraden. Glasbild- ningstemperaturen ( $T_g$ ) för de hårda segmenten varierar mellan 100 och 200°C, medan  $T_g$  ofta är mycket lägre för de mjuka segmenten, under -30°C. I flexibla PU utgör de mjuka segmenten 60–80 procent av polymeren. Med ökad andel hårda segment erhålls högre elastici- tetsmodul, styvhet, nötningsmotstånd samt användningstemperatur. Å andra sidan kommer en ökad andel mjuka segment att öka flexibi- liteten, töjningen vid brott, motståndskraften mot låga temperaturer samt minska hårdheten och elasticitetsmodulen.

### Långtidsegenskaper

Polyesteruretaner är känsliga för hydrolys. Vissa polyesteruretaner kan även brytas ned av mikroorganismer. Polyeteruretaner uppvisar generellt en högre stabilitet mot hydrolys och mikrobiella angrepp. Båda polymertyperna kan dock oxideras, vilket induceras termiskt eller fotokemiskt. Oxidationen börjar ofta i kolvätekedjor innehållande reaktiva väteatomer. PU bör förvaras mörkt, svalt och torrt. PU innehållande aromatiska isocyanater blir missfärgade vid ljusexponering. Anledningen till detta är att den absorberade UV-strålningen leder till bildandet av kinon-imider. Färgskiftningen påverkar inte materialegenskaperna i produkter med hög godstjocklek, men egenskaperna hos tunna PU-filmer försämras markant.

### POLYESTRAR

Polyestrar är en benämning på polymerer som innehåller funktionella estergrupper. De vanligaste är karboxylsyrestrar med strukturformeln  $-R_1-(C=O)-OR_2-$ . Esterbindningen  $-COO-$  karakteriserar alla polyestrar oberoende av vad R-grupperna står för, men eftersom dessa grupper kan variera inom vida gränser så ger det många olika polyesterplaster. Dessa förekommer både som termoplast och som hårdplaster, och i många olika former: fibrer, folie, skivor med mera.

### Omättad polyesterplast (UP)

Omättad polyester är normalt baserad på en blandning av maleinsyra- och ftalsyraanhydrid och en di-alkohol som etylen- eller propylenglykol. Den linjära omättade polyester som bildas innehåller dubbelbindningar. Armerad polyesterplast framställs av omättad polyester och ett armeringsmaterial, vanligen glasfiber. Produkten förkortas GRP (glass-fibre reinforced polyester). Vanliga användningsområden är båtskrov, bilkarosser, flygplansdetaljer, maskinkåpor, simbassänger, flaggstänger, rör med mera. UP utan armering används ofta för ingjutning av elektriska komponenter samt till limmer och lacker.

GRP har god miljötålighet, med undantag för vattenabsorption som kan ge försämrade mekaniska egenskaper. Normalt har dock produkterna mycket lång livslängd. GRP för utomhusbruk har vanligen ett hartsrikt skikt med UV-stabilisatorer (HALS, benzotriazol). Det första

tecknet på nedbrytning är normalt en guldfärgning av plasten. Nedbrytningshastigheten är relaterad till typen av polyester och stabilisator. I början användes styren för att skapa tvärbindingar, men efterhand utvecklades blandade monomersystem med till exempel styren och metylmetakrylat, vilket gav bättre uv-beständighet. Nedbrytningen är en form av erosion som orsakas av en kombination av fotoneadbrytning och fysikaliska processer (temperaturvariationer, fukt). Dessa orsakar omväxlande svällning och krympning i materialet, vilket leder till brott mellan glasfiber och polyester.

Polyesterplaster är normalt billigare än andra härdplaster. De är lätta att tillverka, men tåligheten mot alkalier och hydrolys är relativt dålig. Några olika kvaliteter listas här nedan:

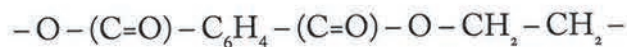
- ORTO-polyester: god åldringsbeständighet, bra »allroundprodukt«.
- ISO-polyester (isoftalsyrapolyester): god tålighet mot kemikalier och vatten.
- Hetsyra-polyester: god resistens mot syror och organiska lösningsmedel.
- Bisfenol-polyester: god alkaliresistens.
- ISO-PNG-polyester: god beständighet mot väder och vind.
- Gjutpolyester: glasklar specialprodukt för injutningar.

### TERMOPLASTISKA POLYESTRAR (TP)

Termoplastisk polyester kan tillverkas i olika former som folie, skivor eller fibrer. Textilfibrerna började tillverkas på 1950-talet och är nu världens näst viktigaste tygmaterialefter bomull. Glasfiberförstärkt TP har en oöverträffad styvhet, vilken ofta utnyttjas i produkter som utsätts för hög mekanisk belastning. De vanligaste TP-produkterna, PET och PBT, uppvisar utmärkta elektriska egenskaper och används ofta i elektriska applikationer.

#### PET, polyetylenereftalat

PET framställs genom en förestringsreaktion mellan tereftalsyra och etylenglykol, eller genom en så kallad trans-förestring mellan etylenglykol och dimetylereftalat. Strukturformeln är:



Polymeren har en ovanligt långsam kristalliseringshastighet, vilket gör det enkelt att framställa amorfa produkter. PET finns således i såväl amorf som semikristallin form beroende på tillverkningsprocess och termisk behandling. Den är styv och hård och har god utmattningshållfasthet och nötningsbeständighet. Den kemiska resistensen är mycket god utom mot alkalier. Vanliga användningsområden är engångsflaskor, folie, bandspelarband, elektriska komponenter, dörrhandtag, rör, tätningar, kugghjul, maskindelar med mera. Cirka 60 procent av PET-produktionen går till flaskor, och cirka 30 procent till textilfibrer (terylene, dacron, diolen, trevira med flera namn). PET som förpackningsmaterial återvinns ofta genom omsmältning och extrudering som fiber.

Under tillverkningsprocessen utsätts polymeren för hög temperatur som kan orsaka nedbrytning med kvalitetsförsämring som följd. Nedbrytningsgraden beror till stor del av katalysatorrester som finns kvar efter polymerisationsprocessen, speciellt tungmetaller. Termiska egenskaper hos PET kan därför variera betydligt till följd av närvaro av föroreningar, biprodukter och tillsatser. Nedbrytningen är i huvudsak termisk, termo-oxidativ eller hydrolytisk. Den orsakar missfärgning, kedjebrott i polymeren, bildning av aldehyder, samt tvärbindingar som leder till gelbildning eller så kallat »fish-eye«. Vid temperaturer upp till 100°C dominerar nedbrytning genom hydrolys. Vid höga temperaturer, tryck eller tillverkningshastigheter bildas aldehyder. En del aldehyder löses i plasten och kan senare diffundera ut exempelvis till läsk i en PET-flaska.

PET har relativt god beständighet mot UV-ljus, men fotonedbrytningen ökar markant vid våglängder under 320 nm (3 200 Å). Fotonedbrytningen resulterar i gulning, sprickbildning samt ett styvare och sprödare material. Fukt ökar nedbrytningshastigheten. Den låga glasbildningstemperaturen hos PET begränsar användning som kräver högre temperaturer, såsom diskning eller sterilisering. Vid sådan tillämpning rekommenderas i stället polyetylen-naftalat, PEN.

#### **PBT, polybutentereftalat**

Polybutentereftalat är en nyare plast som mer och mer ersätter PET som konstruktionsmaterial. Den har hög styvhet och hårdhet, samt bra nötningsbeständighet och låg vattenabsorption. PBT kan använ-

das vid förhöjd temperatur, och den är tålig mot kemikalier, väder och vind.

Det finns även en aromatisk polyester, som benämns polyarylat. Den framställs genom polymerisation av ftalsyra och bisfenyl A. Materialet är amorft och transparent, med hög styvhet och flexibilitet, god beständighet mot UV-ljus och hög mjukningstemperatur. Plasten används bland annat till kokkärl för mikrovågsugnar, steriliserbar medicinsk utrustning samt för utomhusbruk.



Plast finns i de flesta föremål i dag: termosar, kammar, leksaker, skor, regnrockar och till och med konstverk består många gånger huvudsakligen av någon form av plast. Plast är ett funktionellt och mångsidigt material, men behändigheten är i många fall dålig. Missfärgningar, sprickor och bubblor är några av plastens ålderstecken. Utfällning av klubbiga eller illaluktande ämnen förekommer också.

Möjligheten till att konservera plastföremål när skadan redan är skedd är mycket begränsad. Därför är förvaringen oftast den viktigaste faktorn för att bibehålla plastföremålets ursprungliga utseende och kvalitet. Författarna delger sina skötsel- och förvaringsråd.

En projektgrupp ledd av Anders G. Nord, Riksantikvarieämbetet, har inventerat flera stora museisamlingar och analyserat 656 plastföremål för att få en översikt över vanliga skador för olika sorters plast. Resultatet beskrivs i denna bok.

