

**ZBORNİK RADOVA
CONFERENCE PROCEEDINGS**

MATRIB 2010

Vela Luka

Otok / island Korčula, Hrvatska / Croatia

23-25. lipnja / June 2010.

ORGANIZATORI / ORGANIZED BY:

HRVATSKO DRUŠTVO ZA MATERIJALE I TRIBOLOGIJU, Croatia

INSTITUTE OF MATERIALS AND MACHINE MECHANICS (SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES), Slovakia

DUBLIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Ireland

SUORGANIZATORI / CO-ORGANIZERS:

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE SVEUČILIŠTA U ZAGREB

GRAFIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREB

SPONZORI / SPONSORS:

MINISTARSTVO ZNANOSTI OBRAZOVANJA I ŠPORTA

HIVIA d.o.o.

IDEF d.o.o. za industrijsku defektoskopiju – ZAGREB

ROBERT BOSCH d.o.o. – ZAGREB

PLINOSERVIS Kuzman

IZDAVAČ / PUBLISHER:

Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju
Croatian Society for Materials and Tribology
c/o FSB, Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb
tel.: +385 1 61 68 400; fax: +385 1 61 57 126
e-mail: hdmt@fsb.hr, <http://www.fsb.hr/hdmt>

UREDNICI / EDITORS:

Zdravko Schauperl, Mateja Šnajdar

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 741208.

ISBN 978-953-7040-18-5

NAKLADA / ISSUE:

120

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE:

Krešimir Grilec (Zagreb) – predsjednik / president
Dario Karlovčan (Zagreb)
Darko Andreis (Vela Luka)
Denis Andreis (Vela Luka)
Zoran Hlede (Zagreb)
Vinko Ivušić (Zagreb)
Suzana Jakovljević (Zagreb)
Josip Lovričević (Vela Luka)
Igor Majnarić (Zagreb)
Željko Maričić (Vela Luka)
Gojko Marić (Zagreb)
Gorki Miletić (Vela Luka)
Želimir Oršanić (Zagreb)
Dinko Prižmić (Vela Luka)
Denis Prusac (Zadar)
Zdravko Schauperl (Zagreb)
Mateja Šnajdar (Zagreb)
Danko Žuvela (Vela Luka)
Krešo Žuvela (Vela Luka)

PROGRAMSKI I RECENZENTSKI ODBOR / PROGRAMME and REVIEW COMMITTEE:

Vinko Ivušić (Zagreb) – predsjednik / president
Vesna Alar (Zagreb)
Branko Bauer (Zagreb)
Danko Ćorić (Zagreb)
Maurice Grech (Msida, Malta)
Krešimir Grilec (Zagreb)
Hrvoje Ivanković (Zagreb)
Marica Ivanković (Zagreb)
Jaroslav Jerz (Bratislava, Slovak Republic)
David Kennedy (Dublin, Ireland)
Frankica Kapor (Zagreb)
Jelena Macan (Zagreb)
Igor Majnarić (Zagreb)
Gojko Marić (Zagreb)
Jan Meneve (Mol, Belgium)
Diana Milčić (Zagreb)
Ljiljana Pedišić (Zagreb)
Zdravko Schauperl (Zagreb)
František Simančík (Bratislava, Slovak Republic)
Juraj Šipušić (Zagreb)
Dražen Živković (Split)

SADRŽAJ

Ž. Alar, I. Kamerla, M. Videc: UNCERTAINTY EVALUATION OF THE REFERENCE HARDNESS STANDARD 5030 TKV AND INTERCOMPARISON MEASUREMENTS.....	1
M. Balog, M. Cavojsky, F. Simancik, K. Izdinsky, P. Svec, D. Janickovic, E. Illekova : RAPIDLY SOLIDIFIED ALCR4,4FE0,9 BULK PROFILES.....	10
D. Barbir, P. Dabić, P. Krolo: POSSIBILITY OF STABILIZATION OF INDUSTRIAL MUD FROM A ZINC PLATING PLANT AND WASTE ZEOLITE IN CEMENT MATRIX AND ASSESSMENT OF ACCEPTABLE SHARE.....	18
A. Begić Hadžipašić, J. Malina, Š. Nižnik: THE INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE ON HYDROGEN DIFFUSION AND EMBRITTLEMENT OF DUAL PHASE STEEL.....	24
H. Cajner, A. Babić, N. Šakić: EXPERIMENTS WITH MIXTURES - OPTIMIZING THE MATERIAL PROPERTIES.....	34
T. Cigula, S. Mahović Poljaček, M. Gojo, D. Novaković: ROUGHNESS OF NONPRINTING SURFACES OF THE OFFSET PRINTING PLATE DEPENDING ON PROCESSING SOLUTION CONCENTRATION.....	44
D.Čurčija, I. Mamuzić, M. Buršák: THE LUBRICATING LAYER MODELLING AND SIMULATING AT BAND DRESSING.....	51
S. Curran, D. Vather, P. Duffy, M. Wylie, J. Keegan: DEVELOPING A CARBON FIBRE, TELESCOPIC BOOM FOR THE TELESCOPE REXUS PROJECT.....	53
D. Ćorić, M. Franz, Z. Schauerl: INVESTIGATION OF BALL VALVE FRACTURE.....	62
L. Ćurković, S. Šegota, D. Ljubas, V. Svetličić: PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SOL-GEL TiO ₂ FILMS BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY	69
K. D. Delaney, D. Kennedy, G. Bissacco: A STUDY OF FRICTION TESTING METHODS APPLICABLE TO DEMOULDING FORCE PREDICTION FOR MICRO REPLICATED PARTS.....	77
H. Đukić, M. Nožić: HARDENING OF MATERIALS AS RESTRICTION IN APPLICATION OF CERTAIN TECHNOLOGIES.....	89
T.Filetin, S. Šolić, S. Jakovljević: MICROHARDNESS OF THE NACREOUS AND PRISMATIC SEASHELL'S STRUCTURES	95
R.Florek, M.Nosko, F. Simancik, J. Harnuskova: EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION OF FOAMABLE PRECURSOR ON THE FOAMING KINETICS OF ALUMINIUM FOAM ALULIGHT.....	104
B. Gavranović, J. Stepanić: DYNAMIC CHARACTERISTIC OF AIRCRAFT'S VERTICAL SPEED INDICATOR.....	109
Z. Glavaš, F. Unkić, K. Terzić: THE ANALYSIS OF DEFECTS ON THE DUCTILE IRON CASTINGS.....	115
M. Gojić, S. Kožuh, L. Kosec, T. Holjevac Grgurić: THE EFFECT OF SOLUTION HEAT TREATMENT ON MICROSTRUCTURE, FRACTURE RESISTANCE AND HARDNESS OF AISI 310S STEEL.....	123
K. Grilec, Z. Krapinec: COMPRESSION TESTING OF ALUMINIUM FOAMS WITH DIFFERENT DISPLACEMENT RATE.....	130
S. Gudić, I. Smoljko, M. Tomelić : OXIDE FILMS GROWTH ON Al, Al-In AND Al-In-Sn ALLOYS IN A BORATE BUFFER SOLUTION IN CONDITIONS OF GALVANOSTATIC ANODISING.....	137
J. Harnuskova, M. Nosko, R. Florek, P. Krizik, F. Simancik: DESCRIPTION OF FOAMING KINETICS	144

T. Holjevac Grgurić, M. Marenić, V. Rek, T. Matković, I. Brnardić: MODIFICATION OF POLYPROPYLENE/POLYSTYRENE BLENDS WITH SEBS-g-MA BLOCK COPOLYMER.....	149
M. Ivanković, E. Ferik: MONITORING OF CURE OF EPOXY RESIN AND CARBON/EPOXY PREPREG BY RHEOMETRY AND DYNAMIC MECHANICAL ANALYSIS.....	157
M. Jakopčić, K. Grilec: INFLUENCE OF ARTILLERY WEAPON BARREL SUPERHEAT ON ABRASION WEAR RESISTANCE OF MATERIAL.....	165
T. Jeličić, I. Zjakić, J. Kasum: USABILITY OF NAUTICAL CHARTS AFTER MECHANICAL EFFECTS ON THE PRINTING SURFACE.....	172
Z. Katančić, N. Dimitrov, Z. Hrnjak-Murgić: THE PYROLYSIS - GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY STUDY OF FLAME-RETARDED HIGH-IMPACT POLYSTYRENE	180
D. M. Kennedy: SURFACE ENGINEERING AND INDUSTRIAL APPLICATIONS FOR PVD MAGNETRON SPUTTERING.....	188
M. Kliškić, L. Vrsalović, D. Bušić: CORROSION INHIBITION OF THE CuNiFe ALLOY IN NaCl SOLUTION BY <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L. HONEY.....	198
M. Kostanjevac, Đ. Španiček: USE OF POLYPROPYLENE PIPES FOR CHIMNEY IMPROVEMENT.....	206
D. Kranželić, S. Jakovljević, T. Ignjatić Zokić, H. Ivanković: FORMATION OF BONE-LIKE APATITE LAYER ON HYDROXYAPATITE/GELATIN SCAFFOLD.....	210
P. Krížik, M. Čavojský, M. Balog , P.Švec, D. Janičkovič : MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICULATE AL - SiC _p COMPOSITE PREPARED BY DIRECT EXTRUSION	217
I. Kumić, K. Grilec, L. Čurković: SOLID PARTICLE EROSION OF ALUMINA CERAMICS AT DIFFERENT IMPACT ANGLES.....	224
D. Kumpar, I. Zjakić, S. Bolanča: TRIBOLOGICAL CHARACTERISTIC OF PRINT IN NEWSPAPER PRESS.....	231
S. Kurajica, T. Očko and V. Mandić: SILVER NANOPARTICLES / CELLULOSE FABRIC / POLYSILOXANE COMPOSITE.....	239
M. Lalić, L. Čurković: INFLUENCE OF DARVAN AMOUNT ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF 70% ALUMINA SUSPENSION.....	245
D. Landek, F. Cajner, S. Kovačić, I. Peharec: THE EFFECT OF POST OXIDIZING OF NITROCARBURIZED STEEL ON ITS WEAR AND CORROSION RESISTANCE.....	253
D. Ljubas, L. Čurković, H. Juretić, S. Dobrović, M. Šimara: PHOTOCATALYTIC BEHAVIOR OF SOL-GEL TiO ₂ FILMS	261
I. Majnarić , K. Golubović, S. Bolanča, D. Modrić : ANALYSIS OF COLUOR REPRODUCTION CREATED BY APPLYING MULTIPLE LAYERS OF WHITE INK ON PVC FOIL.....	269
J. Malina, A. Rađenović, A. Štrkalj: ADSORPTION KINETICS OF CATIONIC DYE ON BLAST FURNACE SLUDGE	281
K. Petric Maretić, D. Modrić, I. Majnarić: MODELING SUBSTRATE SURFACE WITHIN MONTE CARLO METHOD DESCRIPTION OF RADIATION SCATTERING IN THE PRINTING SUBSTRATE.....	289
G. Marić, M. Jančić: INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON BENDING RESISTANCE OF ALUMINIUM FOAM.....	297
V. Marušić, P. Todorić, Ž. Rosandić: RESEARCH OPPORTUNITIES FOR REDUCING INDIRECT TRIBOLOGY LOSSES OF WORM PRESSES BIG CAPACITY.....	306

M. Mikota, M. Matijević, I. Pavlović: INFLUENCE OF COLORIMETRIC VALUE OF SUBSTRATE ON ELECTROPHOTOGRAPHIC REPRODUCTION DIGITAL PORTRAIT PHOTOGRAPHS.....	314
S. J. Montgomery, D. M. Kennedy, N. O'Dowd: PVD AND CVD COATINGS FOR THE METAL FORMING INDUSTRY.....	319
M. Nosko, F. Šimancik, R. Florek, J. Harnuskova: EFFECT OF HEATING UNIFORMITY ON THE FOAMING KINETICS AND POROUS STRUCTURE.....	332
V. Novosel – Radović, J. Krajcar, N. Radović, † B. Krajcar, † K. Dužić: CHARACTERIZATION OF CONTAMINATION OF AN INGOT SURFACE CASTED WITH CASTED POWDER.....	337
M. Nožić, A. Nazdrajić: EXPERIMENTAL RESEARCH OF HEAT TRANSFER FLUID FLOW IN THERMOPLATES.....	349
I. Pavlović, M. Mikota, N. Mrvac: INFLUENCE OF SUBSTRATE FINISHING ON THE CHARACTERISTICS OF COLOR HI FI PIEZOELECTRIC DIGITAL PHOTO PRINTS	356
M. Periša, M. Mikota, I. Pavlović, T. Kranjčić: POSSIBILITY OF USING AUTO WHITE BALANCE WITH DIFFERENT LIGHTING TEMPERATURE	363
M. Premec, M. Tomiša, M. Matijević: FLASH PLATFORM IN WEB DESIGN.....	368
A. Ptiček Siročić, Z. Katančić, Z. Hrnjak-Murgić, J. Jelenčić: THERMAL STABILITY OF NANO AND MICRO COMPOSITES OF LDPE USED IN FOOD PACKAGING	377
A. Rogina, N. Ukrainczyk: MECHANICAL PROPERTIES OF SBR LATEX MODIFIED MORTAR.....	385
L. Senčerková, K. Iždinský, N. Beronská: MOLYBDENUM SILICIDES – MATERIALS FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS	393
Lj. Štokar, T. Matković, P. Matković, B. Kosec: MICROSTRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF BIOMEDICAL Ti-Cr ALLOYS WITH 5 AND 10 at.% OF COBALT.....	402
I. Smoljko, S. Gudić, N. Kuzmanić, M. Mihaljević: INFLUENCE OF INDIUM ON ANODIC DISSOLUTION OF ALUMINIUM IN CHLORIDE SOLUTION.....	409
B. Staniša, L. Čurković, Z. Schaperl: ANALYSIS OF DEPOSITED SALTS IN THE THROUGH-FLOW AREA OF A 210 MW STEAM TURBINE.....	417
K. Šimunović, M. Štefanac, T. Šarić, G. Šimunović, I. Svalina: MATERIALS MANAGEMENT IN INFORMATION SYSTEM MP2 ENTERPRISE.....	426
S. Šolić, F. Cajner, V. Leskovšek, H. Rafael: INFLUENCE OF HEAT TREATMENT PARAMETERS ON PM S390 MC HIGH SPEED STEEL PROPERTIES	436
I. Štěpánek: DEPENDENCE MECHANICAL BEHAVIOUR OF SYSTEMS THIN FILM – SUBSTRATE ON ROUGHNESS AND GEOMETRY OF SURFACE AND INHOMOGENEITY OF THICKNESS	444
I. Štěpánek: EVALUATION OF CHANGING OF PROPERTIES AND BEHAVIOUR OF SYSTEMS THIN FILM - SUBSTRATE AFTER TEMPERATURE AND CORROSION STRESS	453
I. Štěpánek: BONES TESTING BY NANOINDENTATION	461
N. Stipanelov Vrandečić, M. Jakić, I. Klarić, T. Leko: CHARACTERIZATION OF POLY(VINYL CHLORIDE) AND POLY(ETHYLENE OXIDE) BLENDS	470
A. Štrkalj, A. Rađenović, J. Malina: ADSORPTION KINETICS OF Cr (VI) IONS FROM BINARY MIXTURE OF IONS IN AQUEOUS SOLUTION.....	481
D. Tiro, J. Kevelj, L. Haznadarević: CONTRIBUTION TO STUDIES IN GRINDING MACHINING TIALLOYS.....	487

M. Trgo, D. Brajković, J. Perić, N. Vukojević Medvidović, I. Nuić:	
MASS TRANSFER ANALYSIS OF LEAD UPTAKE ON FIXED BED OF NATURAL ZEOLITE	491
N. Ukrainczyk, A. Rogina:	
SETTING TIME REGULATION OF POLYMER MODIFIED CALCIUM ALUMINATE CEMENT BASED MATERIALS.....	512
N. Ukrainczyk, I. Sušac, T. Matusinović:	
CHEMICAL SHRINKAGE OF HYDRATING CALCIUM ALUMINATE CEMENT.....	499
L. Vrsalović, M. Kliškić, D. Sardelić:	
CORROSION INHIBITION OF AA 2017A ALUMINIUM ALLOY BY $CeCl_3$ IN NaCl SOLUTION	521
Z. Zovko Brodarac, F. Unkić, V. Bižić:	
INFLUENCE OF THE POURING TEMPERATURE ON THE CASTABILITY OF $AlSi11Cu2(Fe)$ ALLOY.....	529



MATRIB 2010

Međunarodno savjetovanje o materijalima, tribologiji, recikliranju
International conference on materials, tribology, recycling
Vela Luka, 23 – 25 / 6 / 2010

MODELIRANJE POVRŠINE SUBSTRATA U OKVIRU MONTE CARLO METODE OPISA RASPRŠENJA ZRAČENJA U TISKOVNIM PODLOGAMA

MODELING SUBSTRATE SURFACE WITHIN MONTE CARLO METHOD DESCRIPTION OF RADIATION SCATTERING IN THE PRINTING SUBSTRATE

Katja Petric Maretć, Damir Modrić, Igor Majnarić
Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Za bolje razumijevanje porijekla optičkog prirasta rastertonske vrijednosti i realističniji opis medij u kojem dolazi do raspršenja svjetlosti uveli smo metodu baziranu na Monte Carlo modelu raspršenja svjetlosti u papiru. S obzirom da raspodjela svjetlosti u papiru (općenito bilo koja homogena ili nehomogena podloga) ovisi o njegovim optičkim svojstvima, pokušali smo utvrditi distribuciju svjetlosti unutar papira s poznatim optičkim svojstvima i njihov utjecaj na raspodjelu. Zbog činjenice da je papir složen medij, u našem prikazu bilo je potrebno uključiti i površinsku strukturu koju smo modelirali pomoći mikrofaceta. Numerički je ispitivan utjecaj tako modelirane površine substrata na optička svojstva papira prilikom podpovršinskog raspršenja svjetlosti.

Ključne riječi: raspršenje svjetlosti, Monte Carlo metoda, površina supstrata

We have introduced a method based on Monte Carlo model of light scattering in the paper for better understanding of the origin of optical gain screen values and more realistic description of the medium in which light scattering occurs. Our simulation provides flexible and at the same time, rigorous approach to the transport of light in the medium such as paper. We tried to determine the impact of paper optical properties on light distribution within the paper. Because the paper is a complex medium, in our analysis it was necessary to include surface structures that we have modeled on the basis of micro facets. The effects of the modeled surface of the substrate on optical properties of paper during subsurface light scattering were numerically investigated.

Key words: *light scattering, Monte Carlo method, substrate surface*

Uvod

Identificiranje i karakteriziranje svakog podprocesa u cijelom sistemu je osnova potpune kontrole i kalibracije tog sistema. U tom smislu i kvaliteta otiska (odgovor) svakog stroja za otiskivanje, odnosno općenito prijenos informacija procesa uspostave grafičke komunikacije, izuzetno ovisi o interakciji svjetlosti i korištenog supstrata (papira). Ipak to možemo promatrati kao nezavisan podsistem. Kreiranje realističnog opisa materijala ovisi o znanju o transportu svjetlosti u medijima dobro definiranog volumena i raspršenju svjetlosti blizu površine. Iz iskustva znamo da mnogi prirodni materijali kao npr. koža, listovi biljaka, mlijeko, papir ili snijeg, oblaci, stijene, itd. pokazuju znatni podpovršinski prijenos svjetlosti. Polazeći od činjenice da je papir još uvijek dominantan medij u grafičkoj komunikaciji, koncentrirali smo se na modeliranje samog papira kako bismo mogli konačno opisati i

prijenos grafičkih informacija. Papir je djelomično proziran te je podloga kojoj je prostiranje svake zrake svjetlosti koja pada ili napušta papir određeno indeksom loma graničnog medija. Stoga je potrebno uzeti u razmatranje optička svojstva papira te oblik i kvalitetu i gornje i donje granične plohe.

U grafičkoj industriji papir je najčešće upotrebljavana podloga (supstrat) koja prima na sebe bojila koja formiraju sliku (pod slikom podrazumijevamo i tekst i slike). Poznavanje svojstava papira (papirne podloge) važno je dijelom zbog toga što je podloga vidljiva između otisnutih područja, a dijelom zbog toga što ona definira pozadinsko raspršenje kod otisnutih podloga. Grafička industrija kontinuirano postavlja sve strože zahtjeve na industriju papira kao što su povećana raznolikost i kvaliteta proizvoda. Optička i mehanička svojstva, permeabilnost itd. direktno utječu na kvalitetu otisaka i proizvodno iskustvo^{1,2}. Papir koji se sastoji isključivo od vlakana teško može zadovoljiti te zahtjeve, te mu se uobičajeno dodaju aditivi i primjenjuje postprodukcijaska dorada. Na primjer, dodavanje punila kao što je kaolin ili kalcijev karbonat povećava koeficijent raspršenja, a time se poboljšava opacitet. U proizvodnom procesu proizvodnje papira aplicira se premaz (coating) da bi se poboljšala mehanička i optička svojstva papira. Premazani papir može se grubo podijeliti na dva dijela: osnovu papira i premazni sloj. Osnova papira može sadržavati vlakna kemijske i mehaničke pulpe. Većina papira također sadržava punila ne bi li se poboljšala neka svojstva kao što je opacitet, svjetlina ili kvaliteta otiska.

Ipak najbolji način za poboljšanje karakteristika površine papira je premazivanje osnove papira premazom (coating) koji se uglavnom sastoji od visoko kvalitetnih pigmenta i veziva. Neki papiri se premazuju završnim premazima koji utječu na hrapavost površine papira ne bi li dobili sjajnu i glatku površinu, što se ogleda kao potpuno drugačija distribucija reflektiranog zračenja nego u slučaju nepremazanih papira, kako bi se definirali sjajni ili mat papiri koji omogućuju željena svojstva printabilnosti. Rezultati koji se postižu nisu mogući na nepremazanom papiru. Raspršenje svjetlosti s nesfernih čestica daje jaki depolarizacioni odgovor.

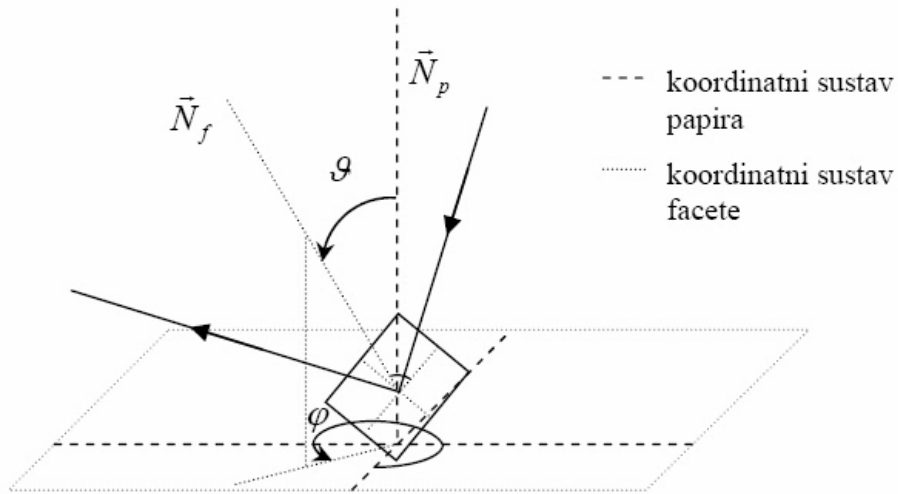
Teorija transporta zračenja opisuje interakcije zračenja s medijima, koji raspršuju i apsorbiraju svjetlo. Rješenja jednadžbi transporta zračenja, koja su dobivena tijekom prošlog stoljeća, primjenjuju se na širokom spektru problema difuzije neutrona, optičke tomografije, širenja topline i vidljive svjetlosti u papiru, odnosno u otiscima. U početku problemi transporta zračenja smatrani su teško rješivima, no uz razvoj matematičkih alata, aproksimacija, te uz povećanje brzine i snage računala, rješavanje takvih problema postalo je učinkovitije.

Modeliranje površine supstrata

Površinska hrapavost je važna karakteristika papira. Ona utječe na optička svojstva papira kao što je na primjer sjaj. Kod ofsetnog tiska visoka hrapavost papira reducira kontaktnu površinu između papira i boje što rezultira lošijim transferom boje na površinu papira. S druge strane, hrapava površina sadrži razne pukotine i otvore koji omogućuju penetraciju boje u papir. Penetracija boje određuje koliko će ostati boje na površini papira. Mala penetracija daje veću gustoću obojenja otiska. Strukturiranost površine papira^{3,4} zahtijevala je poboljšanje modela u cilju približavanja realnijem opisu same površine.

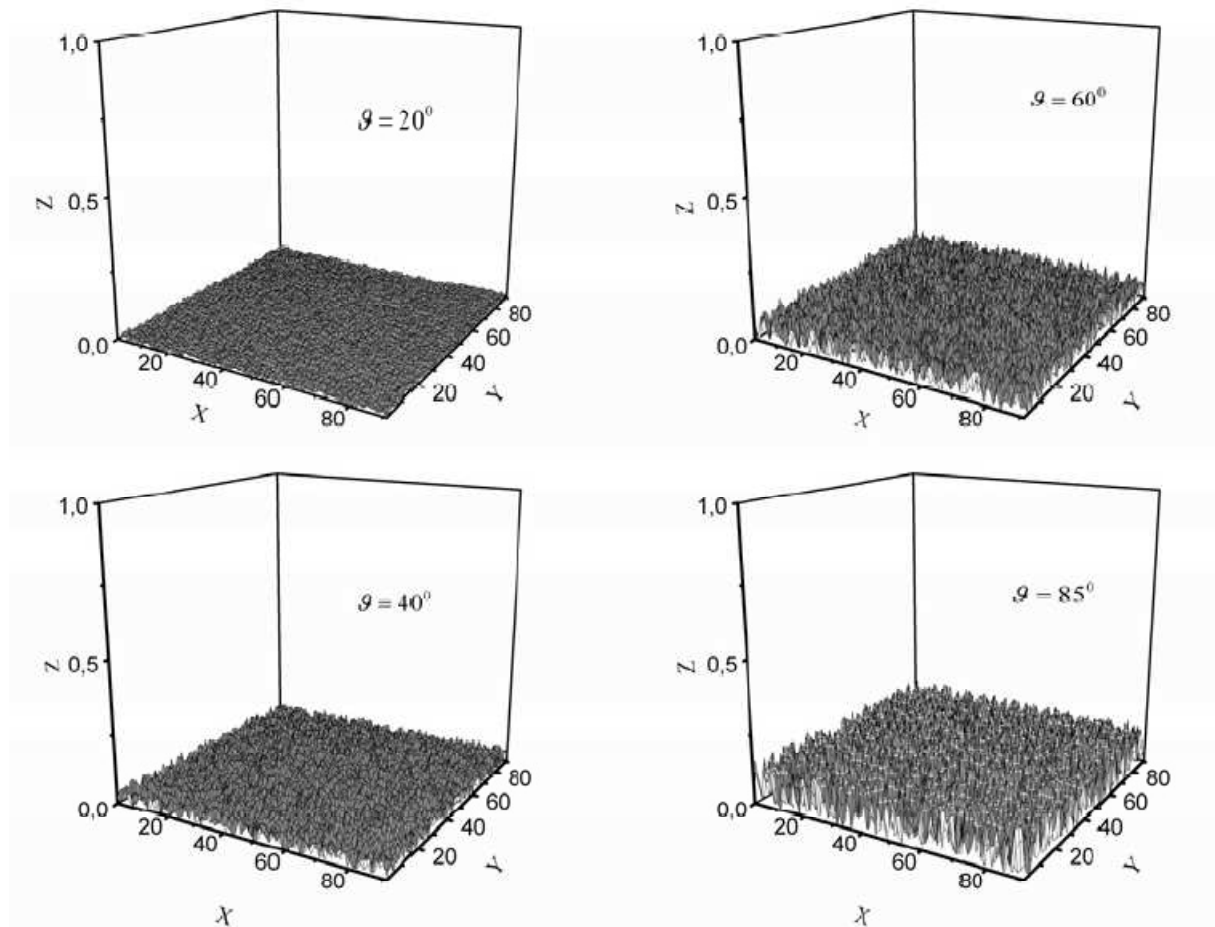
Promatrajući odnos debljine i veličine površine nekog papira pretpostavka o beskonačno velikom papiru je zadovoljavajuća. Početna pretpostavka o savršeno ravnom papiru bila je zadovoljavajuća za prve korake koje smo radili prilikom provjere plauzibilnosti našeg modela⁵. Proračuni zrcalne refleksije s površine papira nisu davali zadovoljavajuće vrijednosti^{6,7}. Da bi se dobile realnije vrijednosti, modelirali smo površinu papira vodeći se

idejom mikrofaceta gdje je nasumičnim odabirom bila definirana prostorna orijentacija pojedine mikrofacete.



Slika 1: Prikaz osnovnih veličina u opisu površine papira pomoću mikrofaceta. (dva vezana sustava - sustav papira i sustav mikrofacete)

Kao što se vidi sa slike 1. azimutalni kut ϑ je onaj kut koji definira hrapavost papira. Naime, svaki fotonski paket pao je na jednu mikrofacetu kojoj je nasumično odabrana orijentacija u odnosu na ravninu papira.



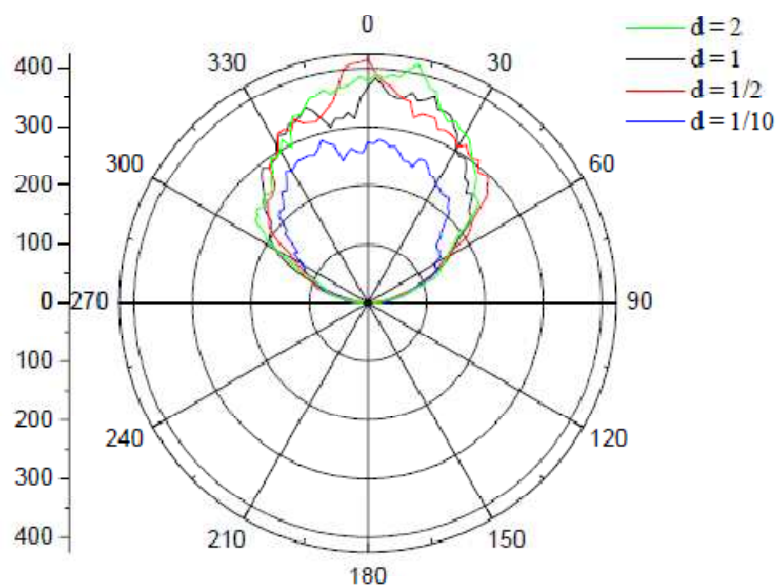
Slika 2: Rezultati modeliranja površine papira temeljeni na ideji mikrofaceta. Parametar ϑ određuje hrapavost papira $\vartheta \in [0, \vartheta_g]$.

Prilikom određivanja nasumičnih vrijednosti kut φ mogao je poprimiti sve vrijednosti iz $[0, 2\pi]$, dok je $\vartheta \in [0, \vartheta_g]$ bio ograničen nekom vrijednošću koja definira hrapavost papira.

Slika 2. jasno pokazuje da za realističan opis papira granična vrijednost kuta ϑ_g ne treba prelaziti vrijednost od 30° . Naravno da je za gloss papir⁸ granična vrijednost jednaka par stupnjeva. S druge strane, ako se modelira neki nepremazani papir veće hrapavosti, ϑ_g može poprimiti i veće vrijednosti. Na postojeću se strukturu mikrofaceta može superponirati i neka makrostruktura koja bi odgovarala kalendriranim ili embosiranim papirima.

Kutna raspodjela raspršenog zračenja

Mogućnost modela da pokaže i kutnu raspodjelu zračenja prikazana je na slikama 3. i 4. gdje se vidi raspodjela raspršenog zračenja u ravnini koju definiraju ulazna zraka i detektor u geometriji 0/45. Mjerenja spektrometrom razlikuju se ovisno o geometriji samog instrumenta tj. kako je uzorak osvjetljen te kako se mjeri reflektirana svjetlost. Postoje dvije osnovne standardne spektrometrijske geometrije: tzv. dvosmjerna i integrirajuća sfera. Opis dvosmjerne geometrije dat ćemo u nastavku teksta, više detalja o toj i o geometriji integrirajuće sfere mogu se naći u radu Kubelke⁹. U dvosmjernoj geometriji, a time smo se i mi rukovodili prilikom definiranja parametara i geometrije problema, uzorak je osvjetljen pod 0° , a reflektirana svjetlost se mjeri pod kutom od 45° , ili obratno pri čemu ulazni snop pada pod kutom od 45° , a mjeri se u 0° . Shodno tome te geometrije nazivamo 0/45 ili 45/0, a smatramo ih ekvivalentnima. Svi kutovi određeni su u odnosu na normalu na površinu uzorka.

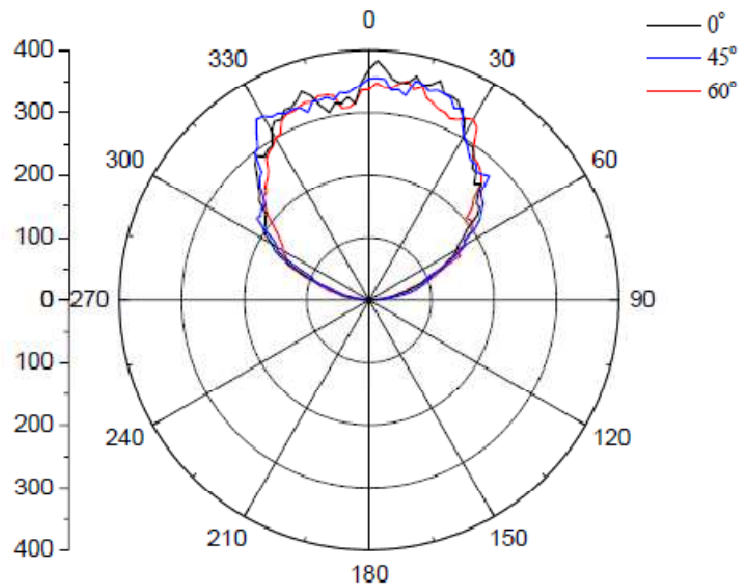


Slika 3: Raspodjela raspršenog zračenja za premazani papir u 180° u ravnini definiranoj ulaznom zrakom za razne debljine supstrata. Vidi se zamjetno smanjenje intenziteta sa smanjenjem debljine papira što odgovara većoj transmisiji.

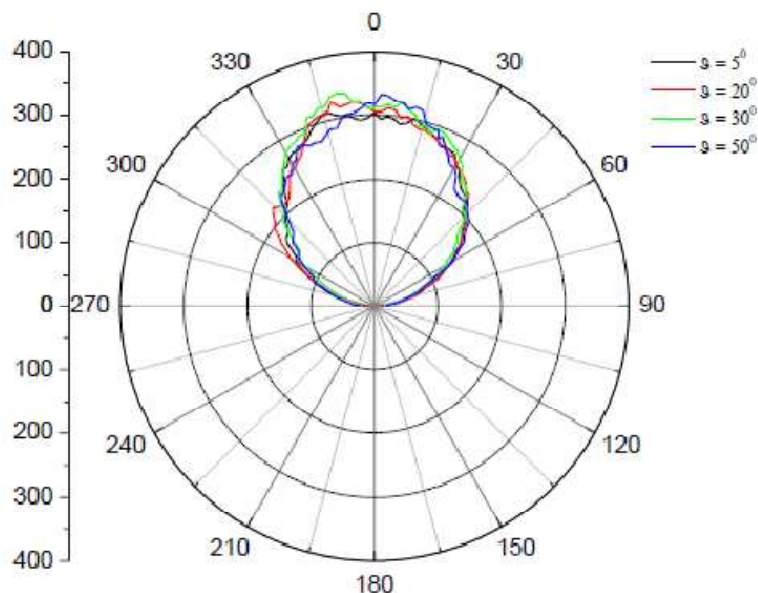
Takva geometrija isključuje bilo kakvu zrcalno reflektiranu svjetlost zbog toga što se detektor nalazi udaljen od kuta zrcaljenja. S obzirom na to da u našoj metodi nismo uopće uzimali u obzir zrcalnu refleksiju, nismo morali voditi brigu o njoj, što nam je dalo slobodu da promatramo raspršenje i u slučaju da se ulazna i raspršena zraka poklapaju. Takvu geometriju

eksperimentalno nije moguće ostvariti, pa je mogućnost računanja s takvom geometrijom nova kvaliteta koju pruža model.

Na slici 3. vidi se da je za premazani papir raspodjela raspršenog svjetla skoro neovisna o debljini supstrata koja je izražena u relativnim jedinicama. To govori da je za raspršenje odgovoran većinom premazni sloj koji je u našoj simulaciji uzet s debljinom 20% debljine supstrata, uz pretpostavku da je supstrat premazan obostrano. U računu je uzet indeks loma premaza od $n = 1,95$ što odgovara titanijevom dioksidu.

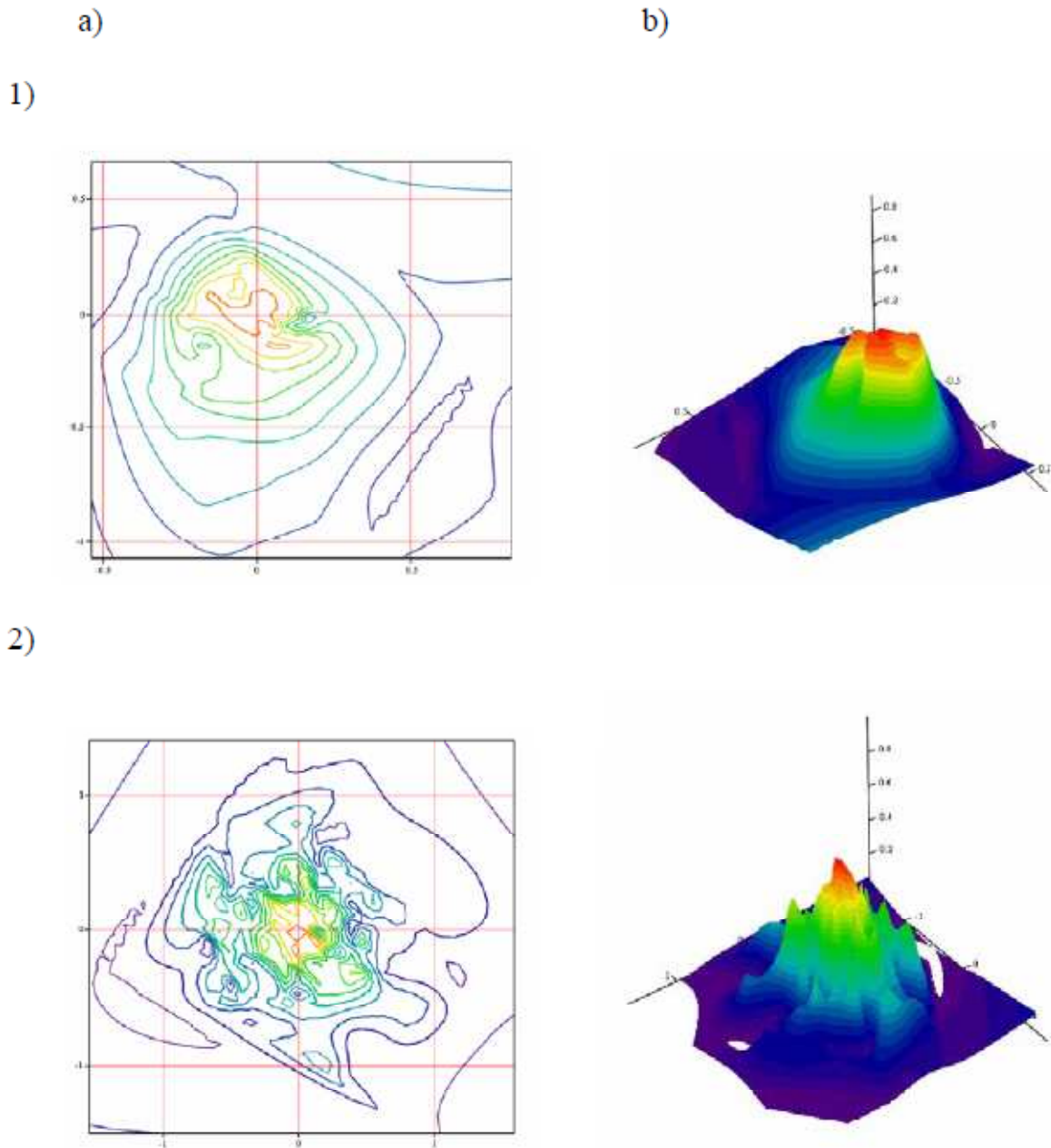


Slika 4: Raspodjela raspršenog zračenja za premazani papir u 180° u ravnini definiranoj ulaznom zrakom za razne kutove upada: 0° , 45° i 60° .



Slika 5: Raspodjela raspršenog zračenja za premazani papir u 180° u ravnini definiranoj ulaznom zrakom za vertikalni kut upada za papire različite hrapavosti¹⁰. Papir pokazuje ista difuzna svojstva neovisno o hrapavosti površine.

Na slikama 4. i 5. vidi se da ne postoji neki smjer koji raspršena svjetlost preferira, što ukazuje da ulazna svjetlost potpuno „zaboravlja“ svoj upadni smjer neovisno o upadnom kutu ili hrapavosti papira. To je posljedica potpuno stohastičke građe supstrata (u našem slučaju papira) zbog koje svjetlost nakon višestrukih raspršenja u samom supstratu više ne sadrži informaciju o svojim ulaznim karakteristikama (gubimo informaciju o ulaznom kutu, ali i o ulaznoj polarizaciji što kod nas ne igra nikakvu ulogu).



Slika 6: a) Računata raspodjela izlaznih (raspršenih) fotona i b) 3D prikaz te raspodjele po intenzitetima gledano za izlazni prostorni kut u 0^0 širine 1) $\pm 1^0$; 2) $\pm 22^0$ (za premazani papir (hrapavost $\vartheta = 10^0$))

Postoje supstrati (kao što su na primjer tkanine, kosa i sl.) koji posjeduju dodatnu superstrukturu koja onda definira izlaznu raspodjelu raspršenog zračenja (kod kose ili svilene tkanine to nazivamo „sjaj“). Naravno da postoje tehnike dodatne obrade papira (npr.

kalendriranje) koje mogu superponirati na supstrat neku superstrukturu i time na neki način modulirati raspodjelu raspršenog svjetla zbog dobivanja nekih efekata podloge koje kombiniranjem s određenim tehnikama tiska daju posebne efekte otiska.

Slika 6 prikazuje trodimenzionalnu raspodjelu raspršenog zračenja u prostorni kut u 0^0 širine 1) $\pm 1^0$; 2) $\pm 22^0$ za premazani papir hrapavosti $\vartheta = 10^0$ što znači da smo radili s glatkim embosiranim papirom. Vidljivo je da ne postoji nikakva izrazita struktura raspodjele zračenja čemu je opet razlog prije navedena, stohastička priroda supstrata. Struktura površine raspodjele je posljedica numeričke prirode modela. S više ulaznih fotona površina bi bila glađa, ali i dalje ne bi pokazivala nikakvu reproducibilnu strukturu koja bi ukazivala na neku karakteristiku supstrata.

Naš pristup širenja fotona u okviru Monte Carlo metode primijenjene na papiru razlikuje se od gore navedene metode i temelji se na radu Phrala i sur¹¹. Monte Carlo simulacija propagacije fotona nudi fleksibilan, ali i rigorozan pristup transportu fotona u mediju kao što je papir. Metoda opisuje lokalna pravila propagacije fotona koja su izražena, u najjednostavnijem slučaju, kao raspodjela vjerojatnosti koje opisuju veličinu koraka (srednji slobodni put) kretanja fotona između dvije točke interakcije foton – supstrat, te kutove otklona od prijašnjeg smjera putanje fotona nakon što dođe do raspršenja u danoj točki. U svojoj prirodi metoda je statistička^{12,13} i oslanja se na izračunavanje putanje prostiranja velikog broja fotona zbog čega konzumira mnogo računalnog vremena.

ZAKLJUČAK

Utjecaj same površine medija već je proučavan i dao je više modela koji su nazvani po svojim autorima (npr. Cook-Torrance model, Wardov model ili Lafortuneov model), a razlikuju se po pristupu određivanja raspodjele nagiba mikrofaceta u odnosu na promatrača. To su sve prilično kompleksni pristupi koji su nastali zbog potrebe modeliranja raspršenja svjetlosti u medijima koji se razlikuju od papira, kao što je npr. koža, mramor, metalne površine i sl. Naš model je uzeo u obzir činjenicu da papir nije idealno ravna ploha i postigao da možemo modelirati površine razlikujući mat i sjajnu podlogu.

Bitno je naglasiti da naša simulacija ne uzima u obzir valnu prirodu svjetlosti, te da ignorira veličine kao što su faza ili polarizacija svjetlosti. Motivacija ove simulacije bila je da predvidi i opiše transport svjetlosti kroz medij kao što je papir i da vidi utjecaj tog rasprostiranja na optički rastertonski prirast (dot gain). Unutar papira kao izuzetno složenog medija fotoni doživljavaju višestruka raspršenja te se faza i polarizacija jako brzo randomiziraju tako da inicijalno ne utječu mnogo na sam transport energije.

¹ K. Niskanen, I. Kajanto, and P. Pakarinen, *Paper Physics*, Chap. 1, Fapet Oy, Helsinki, Finland, 1998.

² C.F. Baker (ed.), *Handbook of Paper Science*, Pira International, Letherhead, 1997.

³ Bristow J.A., (1986). *The pore structure and the absorption of liquids*, Paper structure and properties, pp. 183–202, Marcel Dekker Inc., New York.

⁴ Chinga, G. (2002) *Structural studies of LWC paper coating layers using SEM and image analysis techniques*, PhD Thesis, Norwegian University of Science and Technology

⁵ D. Modrić, R. Beuc, S. Bolanča: Monte Carlo Modeling of Light Scattering in Paper, *J. Imag Sci Tech*, **53**(2): 020201–020201-8, (2009).

-
- ⁶ M. A. MacGregor, and P-*Á*. Johansson,: *Gloss Uniformity in Coated Paper*, TAPPI Proceedings, 1991 Coating Conference, p. 495-504
- ⁷ F.E. Nicodemus (1965), "Directional reflectance and emissivity of an opaque surface," *Appl. Opt.* **4**, 767.
- ⁸ M. A. MacGregor, and P-*Á*. Johansson,: *Gloss Uniformity in Coated Paper*, TAPPI Proceedings, 1991 Coating Conference, p. 495-504
- ⁹ P. Kubelka, "New Contributions to the Optics of Intensely Light-Scattering Materials. Part I," *J. Optical Society of America*, **38**, pp. 448-457 (1948).
- ¹⁰ M. Lindstrand,: *A conceptual approach to describe gloss variation in printing paper*, Proceedings of the International Printing and Graphic Arts Conference, Minneapolis MN, September 1996
- ¹¹ S.A. Prahl, M. Keijzer, S.L. Jacques and A.J. Welch, "A Monte Carlo Model of Light Propagation in Tissue," *Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology*, SPIE Institute Series, IS **5**, 102-111 (1989).
- ¹² E.D. Cashwell, C.J. Everett, "A Practical Manual on the Monte Carlo Method for Random Walk Problems," Pergamon Press, New York (1959)
- ¹³ I.M. Sobol', *A Primer for the Monte Carlo Method*, Mir Publishers, Moskva (1975)