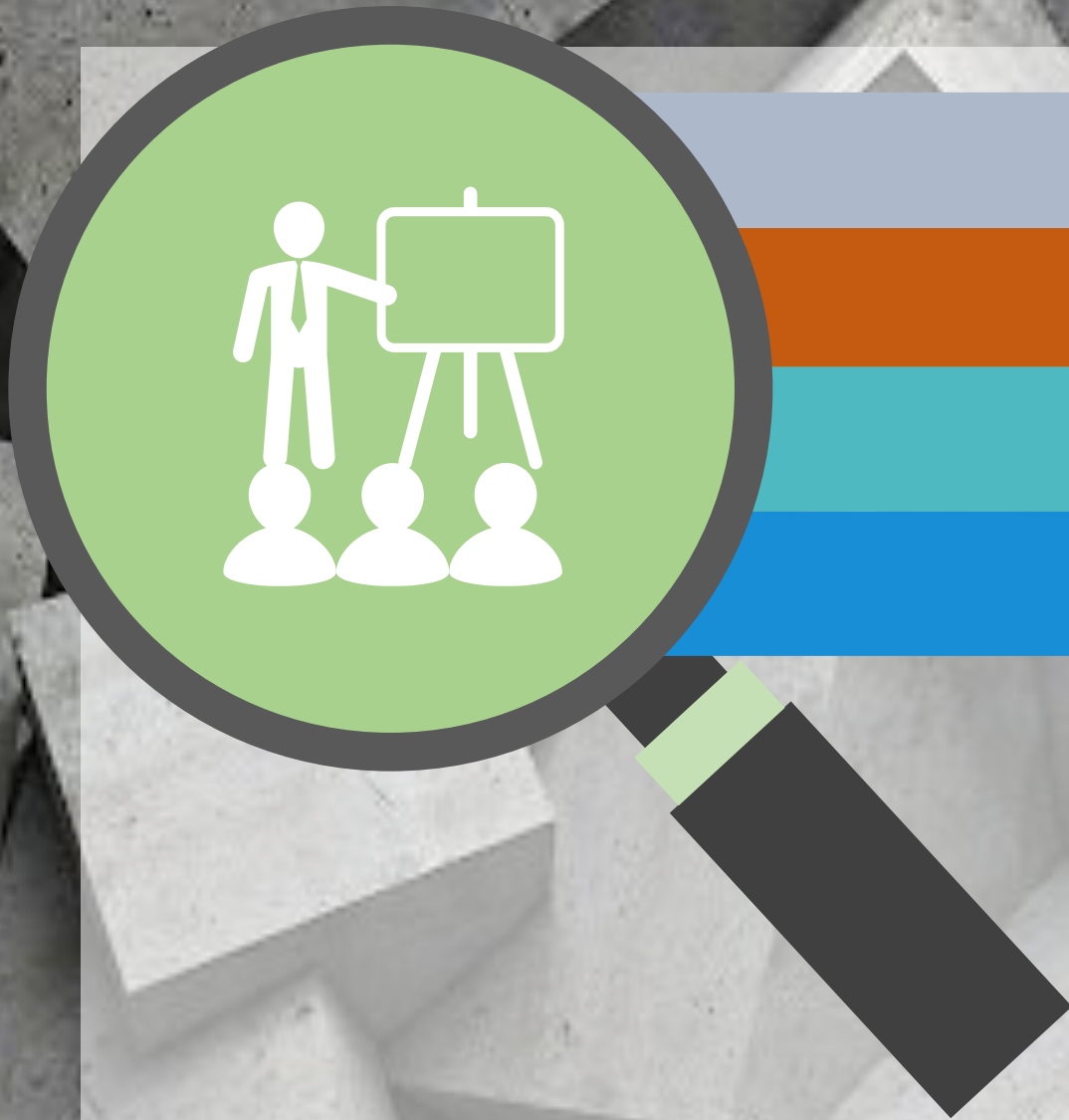


بسمه تعالی

روش دفع و جامدسازی لجن پالایشگاه با تولید بتن گوگردی

گردآوری و پژوهش
شهرداد زمانی
تابستان ۱۴۰۰





۱- مقدمه و کلیات پژوهش

۲- پیشینه پژوهش

۳- مراحل انجام آزمایش

۴- بحث و نتیجه گیری

فهرست اراء

مطالب

بخش اول

مقدمه و کلیات پژوهش



۱

اهداف پژوهش

۱- ارائه روش جامد سازی و پایداری لجن با افزودن گوگرد برای دفع لجن نفتی.

۲- ترکیب لجن دفعی، گوگرد و اصلاح کننده برای ساخت بلوک و مصالح پیش ساخته

۲

ضرورت و اهمیت پژوهش

۱- راه اندازی محصول جدید در واحد تولیدی با کمترین هزینه با استفاده از روش جامدسازی در پالایشگاه هایی که تولید لجن می کنند.

۲- برطرف کردن بسیاری از مشکلات موجود در پروژه های عمرانی به علت نفوذپذیری بسیار پایین بتن گوگردی

۳- رقیب جدی برای پوشش های محافظت کننده در برابر خوردگی به علت مقاومت این بتن در برابر اسید

✓ معضل جدی وجود لجن‌های حاوی فلزات سنگین و ترکیبات نفتی

به دلیل اثرات زیست‌محیطی و خطر سلامت انسان

✓ پر هزینه بودن تکنولوژی‌های موجود برای پالایش لجن نفتی

✓ پیشنهاد ساخت بلوک و مصالح با استفاده از لجن نفتی پالایشگاه،

گوگرد و اصلاح کننده آن

✓ نتایج آزمایشهای انجام یافته بر روی نمون‌های خاک نشان می

دهد که در پسماندهای تولیدی پالایشگاه تهران فلزات سنگین

کادمیوم، کبالت، مس، نیکل، سرب، روی وجود دارد. بیشترین

میانگین فلز سنگین موجود در خاک منطقه سالویج مربوط به فلز

روی و کم‌ترین آن مربوط به فلز کادمیوم می باشد. (جعفری گل و

همکاران ۱۳۹۲)

میزان لجن هیدروکربنی پالایشگاه
ششم عسلویه

نام واحد	نام پسماند	تناوب تولید	میزان تولید (کیلوگرم در سال)
۱۰۰	لجن هیدروکربنی	تعمیرات اساسی	۱۰۰۰۰
۱۰۳	لجن هیدروکربنی	تعمیرات اساسی	۴۵۰۰۰
۱۰۲	لجن هیدروکربنی	تعمیرات اساسی	۴۵۰۰۰
۱۴۰	لجن هیدروکربنی	تعمیرات اساسی	۱۵۰۰۰
۱۲۹	لجن هیدروکربنی	تعمیرات اساسی	۱۵۰۰۰
۱۴۳	لجن هیدروکربنی	ماهیاره	۵۸۰۰۰
میزان کل لجن هیدروکربنی تولیدی			۸۲۶۰۰۰

محصولات مشتق شده
از نفت مهم ترین منبع
انرژی برای صنعت و
زندگی روزمره

عملیات استخراج نفت و
گاز، فرآیندهای تولید
فرآورده های نفتی و
ذخیره سازی فرآورده ها

تولید مقادیر زیادی
لجن

لجن تولیدی حاوی مخلوط پیچیده ای از هیدروکربن های نفتی ، آب و مواد جامد از جمله ترکیبات فلزات سنگین

به دلیل حضور این ترکیبات لجن نفتی سرطانزا و برای دستگاه های ایمنی انسان سموم قوی هستند.

منابع لجن نفتی



مخازن ذخیره سازی و
سیستم جداسازی آب
و نفت در پالایشگاه ها



واحدهای کراکینگ
کاتالیزوری بستر سیال،
کاهش گرانشی،
شناورسازی با هوا و
تصفیه فاضلاب



نفت باقیمانده در چاه-
های نفتی، رسوبات ته
مخازن نفت خام و
پس مانده گل حفاری



فرآیندهای اکتشاف
نفت خام، حمل و نقل،
ذخیره سازی و پالایش



اثر لجن نفتی در صنعت و محیط زیست



۱ ایجاد رسوب در مخازن
گرفتگی خطوط لوله و

۲ لجن ته مخازن
کاهش ظرفیت مخازن

۳ غلظت بالایی از
هیدروکربن های نفتی
سمی و سرطانزا

۴ آلودگی آب های زیر
زمینی

روش های
دفع لجن
پالایشگاه

۱
روش های حرارتی: سوزاندن در کوره های مختلف.

۲
روش های فیزیکوشیمیایی: استفاده از معرف ها (حلال ها، دمولسیفایرها، سورفکتانت ها و غیره

۳
روش های فیزیکی: جداسازی فیزیکی لجن های نفتی: فیلتر کردن، ته نشینی، یا سانتریفیوژ.

۴
روش های بیولوژیکی: تجزیه میکروبیولوژیکی هیدروکربن ها در خاک به طور مستقیم در محل های ذخیره سازی، تجزیه زیست گرمایی

۵
روش های شیمیایی: استخراج، جامدسازی با استفاده از مواد افزودنی (تولید بتن گوگردی).



۱- روشی برای تصفیه لجن‌های نفتی حاوی مقدار قابل توجهی جامدات

۲- اضافه کردن مقدار مشخصی از عامل پخت به لجن نفتی در نتیجه قرار گرفتن آب و

ترکیبات سمی در یک ماتریس محکم و سفت

۳- جامدسازی یک فرآیند آب‌پوشی است.

۴- آهک زنده یکی از ترکیبات اساسی مورد استفاده برای مخلوط کردن با لجن‌های نفتی

در طول واکنش با آب موجود در لجن نفتی، واکنش کاهش آهک با آزاد کردن گرما رخ

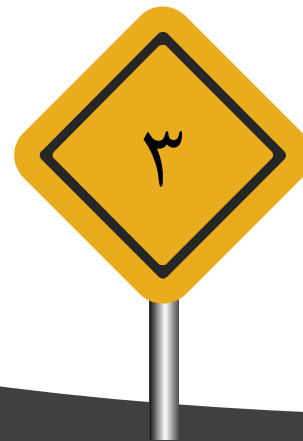
می‌دهد و کلسیم هیدروکسید تولید می‌شود. در نتیجه حجم مخلوط ده‌ها برابر افزایش می‌-

یابد.

محصول جانبی گاز و نفت



تولید گوگرد



فرآیند خالص سازی گاز
و نفت استخراج شده



استخراج گاز H_2S
همراه گاز طبیعی



منابع تولید گوگرد در ایران

- شرکت های پالایش گاز در پالایشگاه های نفت
- شرکت های پتروشیمی
- پالایشگاه های نفت



دلیل بررسی منابع گوگرد

وجود معادن بسیار زیاد و تولید انبوه
گوگرد به صورت محصول جانبی و قیمت
اندک آن

تولید سیمان و بتن گوگردی از نظر
زیست محیطی به صنعت نفت گاز کشور
کمک می کند

به علت قیمت تمام شده کم جایگزین
مصلحی پرهزینه

بتن گوگردی

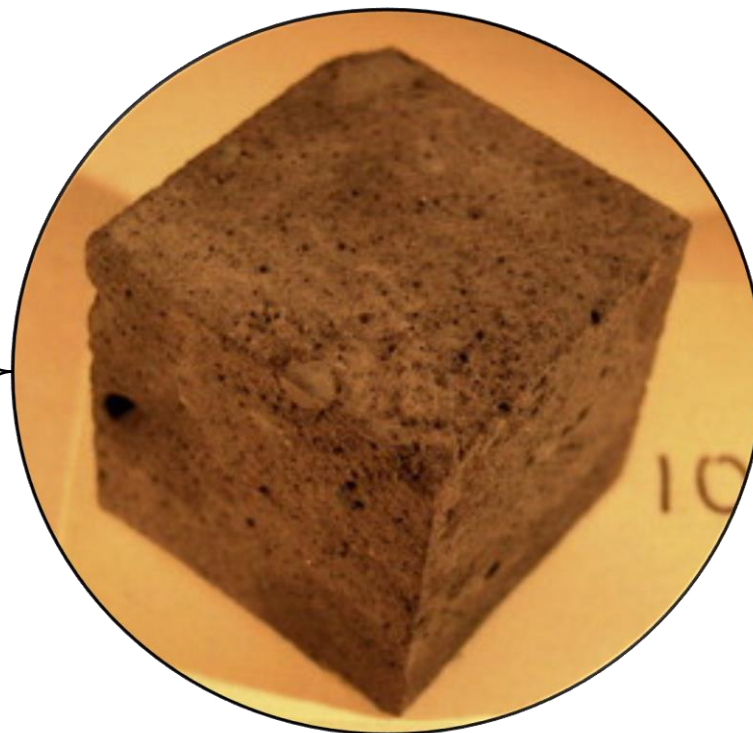
بتن گوگردی به مخلوطی اطلاق می‌شود که مصالح سنگی یا لجن دفعی توسط گوگرد ذوب شده و مایع به یکدیگر چسبیده و متراکم شده‌اند.

اجزای بتن گوگردی

سیمان گوگردی
مصالح سنگی یا لجن دفعی

سیمان گوگردی

متشکل از گوگرد و مواد مضاف که در فاز جامد با یکدیگر مخلوط شده‌اند



تعریف کلی بتن

هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می‌شود.

خواص ظاهری بتن سیمانی

خاکستری رنگ
دارای شکل خمیری
درآمدن به شکل قالب به سادگی
معمولا بدون بافت و بدون بو



نیاز به انرژی حرارتی زیاد برای ذوب گوگرد



تجزیه توسط باکتری‌های مخرب و تابش-
های ماوراء بنفش



آتش گرفتن بتن به دلیل وجود گوگرد (رفع این
مشکل با اسید مالئیک، استایرن و غیره



به کار بردن آهن در بتن‌های گوگردی و
در محیط‌های مرطوب مشکل ساز است



مقاومت‌های کششی، فشاری و خمشی و
عمرخستگی بیشتر



نفوذپذیری بتن گوگردی در برابر آب بسیار کم



مقاومت عالی در برابر حمله بسیاری
از اسیدها و نمک‌ها



دارای قابلیت گیرش سریع بتن و
آزاد کردن سریع قالب‌ها

مواد شیمیایی که بتن گوگردی در مقابل آن ها مقاوم است

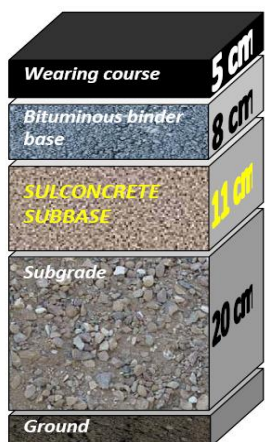
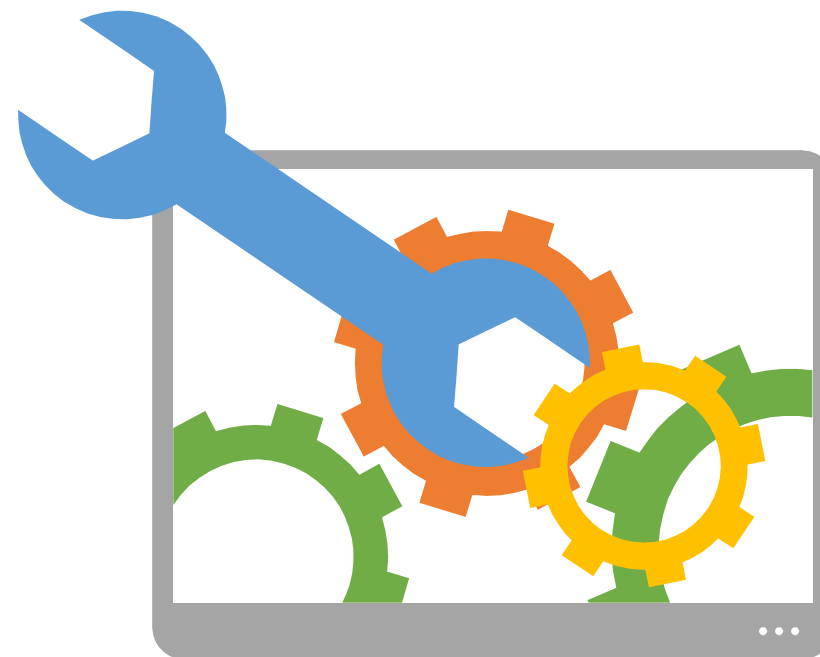
اسیدها	نمک ها
کلرید سدیم	کلرید آمونیوم
سولفات سدیم	سولفات آمونیوم
کلرید روی	کلرید کلسیم
سولفات روی	سولفات کلسیم
اسیداستیک	سولفات مس
اسید بوریک	کلرید فریک
اسید هیدروکلریک	سولفات فریک
اسید هیدروفلوریک	سولفات منیزیم
اسید لاکتیک	کلرید نیکل
اسید نیتریک	سولفات نیکل
اسید فسفریک	کلرید پتاسیم
اسید سولفوریک	سولفات پتاسیم

خواص فیزیکی و مکانیکی بتن گوگردی

تنش فشاری (ASTM C39)	۴۱/۴-۶۹ M pa	۶/۰۰۰-۱۰/۰۰۰ psi
تنش کششی (ASTM 496)	۶/۲-۱۰/۳ M pa	۹۰۰-۱۵۰۰ psi
تنش گسیختگی (ASTM 78)	۳/۸-۸/۱۳ M pa	۱/۲۰۰-۲/۰۰۰ psi
دانسیته (ASTM C642)	۲/۳۰۴-۴/۴۹۹ M pa	۱۴۴-۱۵۶ lb/ft3
حداکثر جذب رطوبت (ASTM C642)	۰/۱۰ %	-----
ضریب انبساط حرارتی	۱۵×۱۰ ^{-۶} /° C	۳/۸×۱۰ ^{-۷} / °F
تخلخل هوا (ASTM C642)	۰-۴ %	-----
مدول الاستیسیته (ارتجاعی)	۲۰/۷-۲۷/۶×۱۰ ^۳ M pa	۳-۴×۱۰ ^{-۶} psi
مقاومت در برابر ضربه فشاری	۱۰-۱۵ Kg.m	۷۵-۱۱۰ lb-ft
دوام در چرخه جامد/ذوب شدن	۶۰ %	-----
حداکثر درجه حرارت کاری	۸۸°C	۱۹۰°F
ضریب هدایت حرارتی	۱/۲۴۳-۳/۱۱۲ J/h m°C	-۰/۵Btu/hr ft °F ۰/۲
خزش (ASTM C512)	۵/۲×۱۰ ^{-۳} cm/cm/Pa	۰/۷۵ in/in/psi

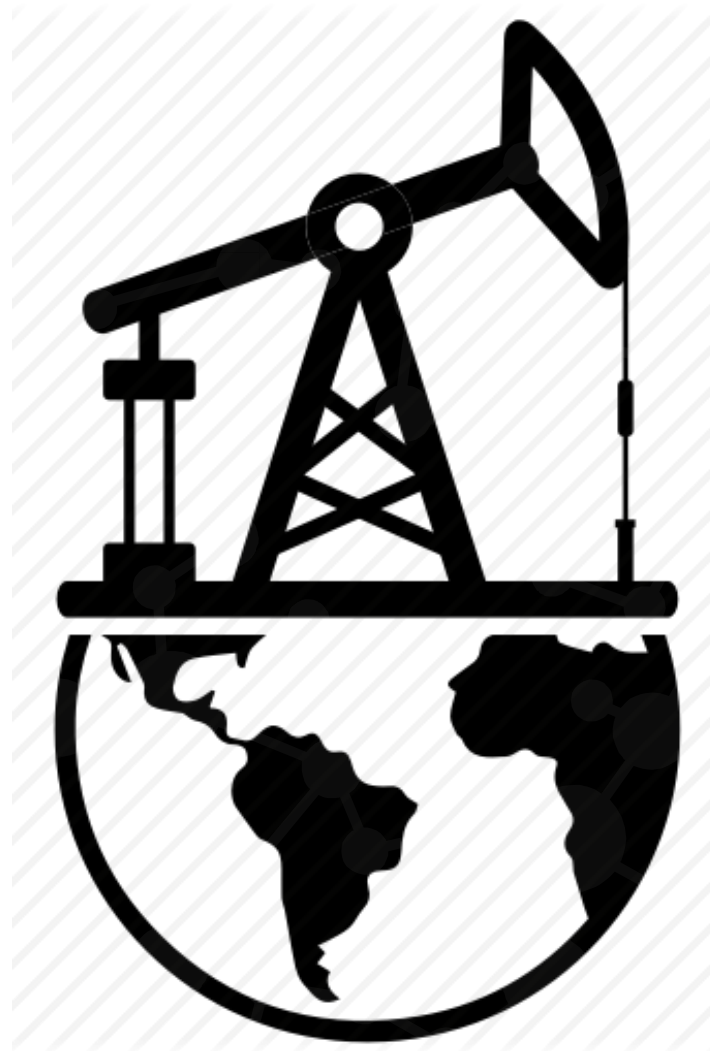
کاربردهای بتن گوگردی

- ✓ تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب، ایستگاه‌های پمپاژ، کانال‌های آب، پتروشیمی‌ها و پالایشگاه‌های نفت و گاز
- ✓ سیستم‌های دفاعی دریا و ساخت و ساز زیر آب مقاوم به آب دریا
- ✓ ساختارهای مقاوم در برابر محیط‌های تهاجمی مانند اسیدها، خاک با شوری بالا، آب دریا و غیره)
- ✓ امکان استفاده گسترده از بتن گوگردی را در صنعت راه سازی
- ✓ تولید بلوک، کفپوش و ... بتنی



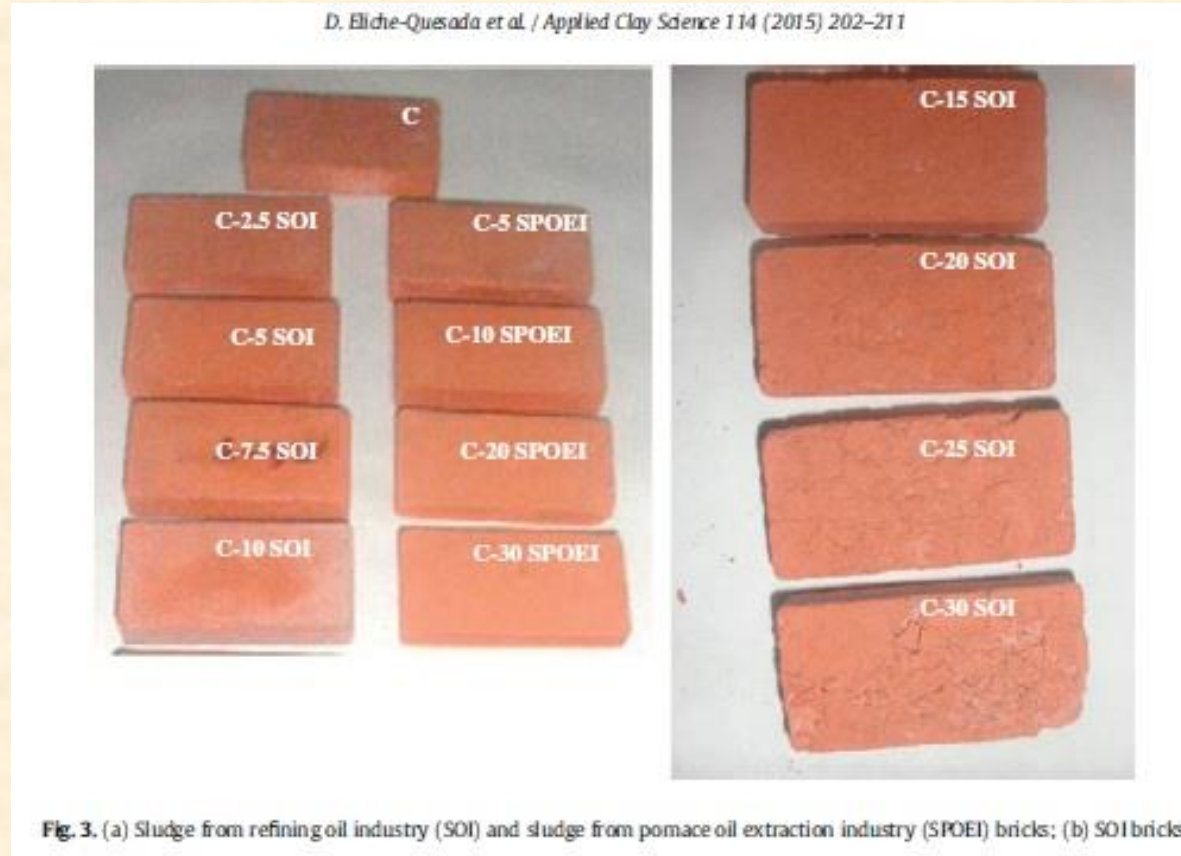
بخش دوم

پیشینه پژوهش



- الیش کوسادا و همکاران مطالعاتی را بر روی مخلوط لجن حاصل از صنعت پالایش نفت (SOI) و صنعت استخراج باقی مانده نفت (SPOEI) با خاک رس به منظور تولید آجرهای سبک برای ساخت و ساز، انجام داده اند. D. Eliche-Quesada

- sludge from oil refining industry
- sludge from pomace oil extraction industry



دیمتری اورشکینا و همکاران طبق مطالعات انجام شده در مورد ترکیبات اولیه ، شیمیایی، معدنی، ریزساختار، دانه و اشعه ایکس ترکیبات لجن نفتی، به این نتیجه رسیدند که، دفع لجن حفاری برای تولید مصالح ساختمانی وضعیت اکولوژیکی بهتری را در میدان میعانات گازی بوواننکوو به دلیل آزادسازی مناطق و احیای محیط طبیعی، حفظ تعادل یخ زدگی فراهم می کند Dmitriy V. Oreshkina Bovanenkovo gas condensate field 2015MSUCE

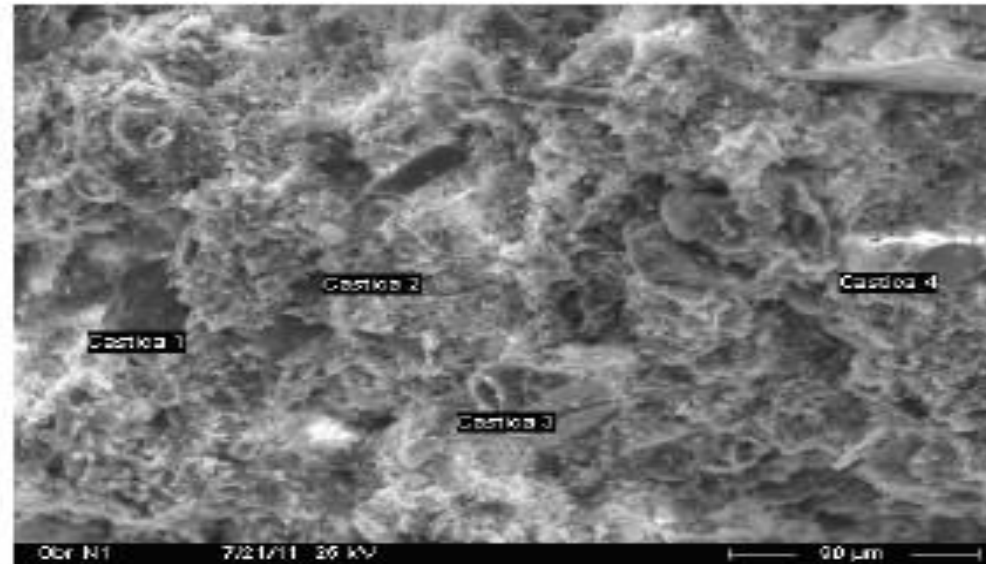


Figure 2. The microstructure of the drilling sludge.

Table 1. Integral elemental and chemical analysis of sludge

Element	Atom content, %	Oxide	Oxide content, %	Element	Atom content, %	Oxide	Oxide content, %
Na	0,79	Na ₂ O	1,05	K	1,33	K ₂ O	2,69
Mg	1,02	Mg O	1,76	Ca	7,27	CaO	17,51
Al	6,48	Al ₂ O ₃	14,19	Ti	0,31	TiO ₂	1,08
Si	17,37	Si ₂ O	44,85	Fe	2,18	Fe ₂ O ₃	7,49
S	1,5	SO	3,11	Ba	0,76	BaO	4,98
Cl	0,69	Cl ₂ O	1,29	-	-	-	-

سعود ال-اوتیبی و همکاران، مجموعه‌ای از نسبت‌های مخلوط بتن گوگردی اصلاح شده (SC) که شامل ۴۲٪ سنگدانه درشت ۳/۱۶"، ۴۰٪ ماسه طبیعی، ۵/۱۱٪ گوگرد گرانولی، ۲/۱٪ قیر اصلاح شده گوگردی و ۳/۵٪ خاکستر سوخته است، یافتند که نتایج آزمایش با افزودنی قیر اصلاح شده و مواد مختلف، امیدوار کننده بود. از این مخلوط های بهینه برای تولید واحدهای بتن گوگردی پیش ساخته در مقیاس کوچک استفاده شده است



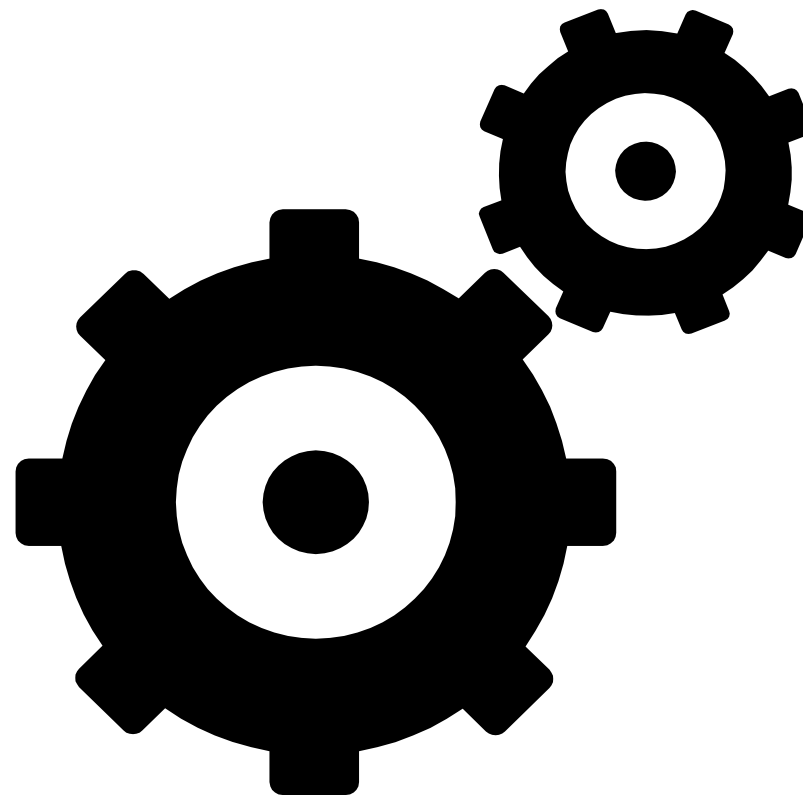
Fig. 5. Cast solidified sulfur concrete specimens set for curing.



Fig. 6. Sulfur concrete products in contrast with conventional concrete and sand cement products.

بخش سوم

مراحل انجام آزمایش



مراحل انجام آزمایش

۱- تهیه نمونه‌های لجن نفتی



۲- آنالیز نمونه لجن



۳- طرح اختلاط

40% گوگرد
2.5% ماده مضاف (اصلاح کننده گوگرد)
57.5% لجن

۵- آزمایش مقاومت فشاری



۴- ساخت نمونه بتن





بخش چهارم
بحث و نتیجه گیری



لجن دفعی پالایشگاه تهران

Elements	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Wt. %	3.437	1.217	2.198	7.465	>>	8.907	0.632	5.983	>>
Elements	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	F	MnO	Ru	Pd	Sr	Zn	Pb
wt. %	60.641	-	-	>>	5.806	-	>>	3.712	-

لجن دفعی پالایشگاه ۱۲ کنگان

Elements	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Wt. %	3.185	12.131	2.337	8.248	1.021	10.65 1	0.406	47.39 4	0.414
Elements	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅	MnO	Cr	Ba	Zn	Sr	Cl	Pb
wt. %	11.198	-	>>	-	>>	0.959	1.260	0.796	-

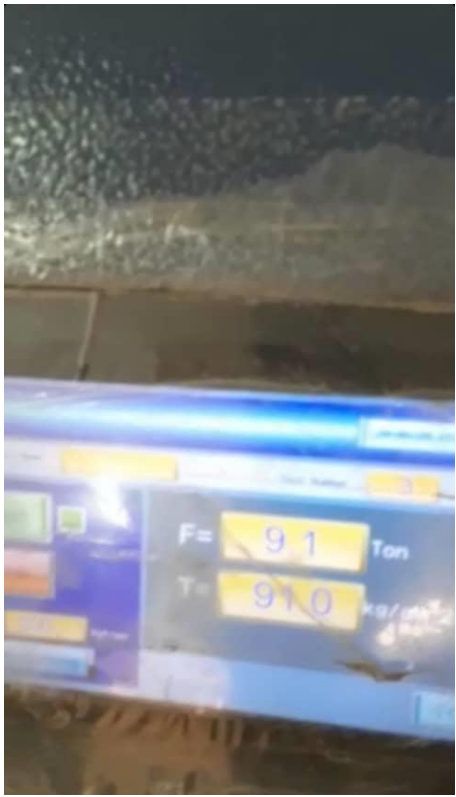
آنالیز XRF
نمونه‌های لجن

Zn	Pb	Ni	Cu	Co	Cd	واحد	شماره ایستگاه
۱۰۳	۲۱	۲۳۵	۲۵۵	۲۷	+۰/۹	mg/kg	۱
۵۰۳	۱۰	۲۹	۱۰۳	۴۱	+۰/۵	mg/kg	۲
۸۷۰	۴۰	۹۰۵	۶۲۴	۱۲	+۰/۷	mg/kg	۳
۱۵۰۰	۳۵	۱۴۸	۶۸۰	۱۳	+۰/۸۵	mg/kg	۴
۲۱۰	۳۰	۲۳۰	۲۵۰	۱۹	+۰/۹	mg/kg	۵
۳۴۵۰	۶۵	۲۲۰۰	۱۱۴۴	۵۵	+۰/۵۸	mg/kg	۶
۳۵۹	۱۹	۱۹۴	۹۱	۲۳	+۰/۹	mg/kg	۷
۳۳۴۵	۶۰	۱۱۹۴	۹۴۵	۴۴	+۰/۶	mg/kg	۸
۲۱۰	۲۲	۶۵	۸۰	۱۴	+۰/۷۵	mg/kg	۹
۵۵۶	۹	۲۸۶	۱۳۴	۱۵	+۰/۸	mg/kg	۱۰
۱۶۲	۲۲	۲۳۲	۹۸	۱۰	+۰/۶۵	mg/kg	۱۱
۶۱۰	۴۵	۱۵۰	۲۲۰	۱۵	+۰/۵	mg/kg	۱۲
Zn	Pb	Ni	Cu	Co	Cd	نتایج	
۱۰۴	۹	۲۹	۸۰	۱۰	+۰/۵	mg/kg	حداقل
۳۴۵۰	۶۵	۲۲۰۰	۱۱۴۴	۵۵	+۰/۹	mg/kg	حداکثر
۹۸۹/۹۱	۲۳/۱۶	۴۹۸/۳۳	۲۸۷/۱۶	۲۴/۵	+۰/۷	mg/kg	میانگین
۷۵	۱۴	۸۰	۵۵	۲۰	+۰/۲	mg/kg	غلظت عناصر در پوسته زمین ^۱
۰/۴-۱	+۰/۰۱	-	<۱۲۵	-	+۰/۰۱	mg/kg	غلظت متداول در خاک کشاورزی ^۲
۹۰	۳۵	۵۰	۳۴	-	+۰/۲۵	mg/kg	میانگین غلظت در خاک
۱۳۰	۸۰	۲۹	۴۵	۱۹	+۰/۲	mg/kg	میانگین غلظت پس از سمپاشی در شیل ^۳

مقادیر فلزات سنگین در
خاک محدوده سالویج
پالایشگاه تهران و مقایسه
با مقادیر استاندارد

نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره یک، بهار ۹۲ "بررسی کمی و کیفی پسماندهای شیمیایی خطرناک جهت ارزیابی راهکارهای کمینه سازی در پالایشگاه تهران" فرزانه جعفری گل و همکاران

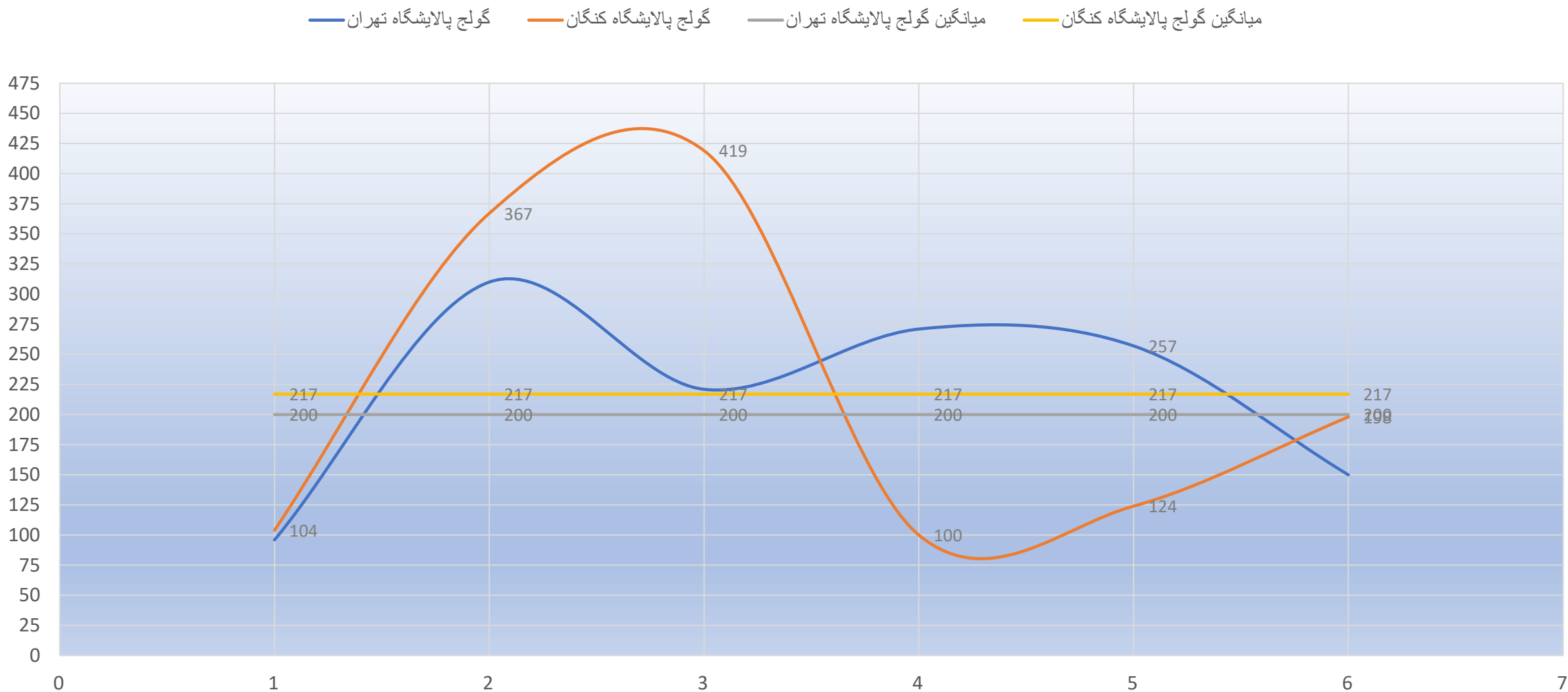
نتایج آزمونهای تعیین مقاومت



نمونه		
وزن مخصوص نمونه (kg/m³)	مقاومت فشاری (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)
2100	19.6	4.07
گولج پالایشگاه تهران با 42.5% گوگرد اصلاح شده		
1953	21.3	4.3
گولج پالایشگاه 12 کنگان با 42.5% گوگرد اصلاح شده		

✓ گولج = گوگرد + لجن

نمودار مقاومت فشاری نمونه های دو ترکیب



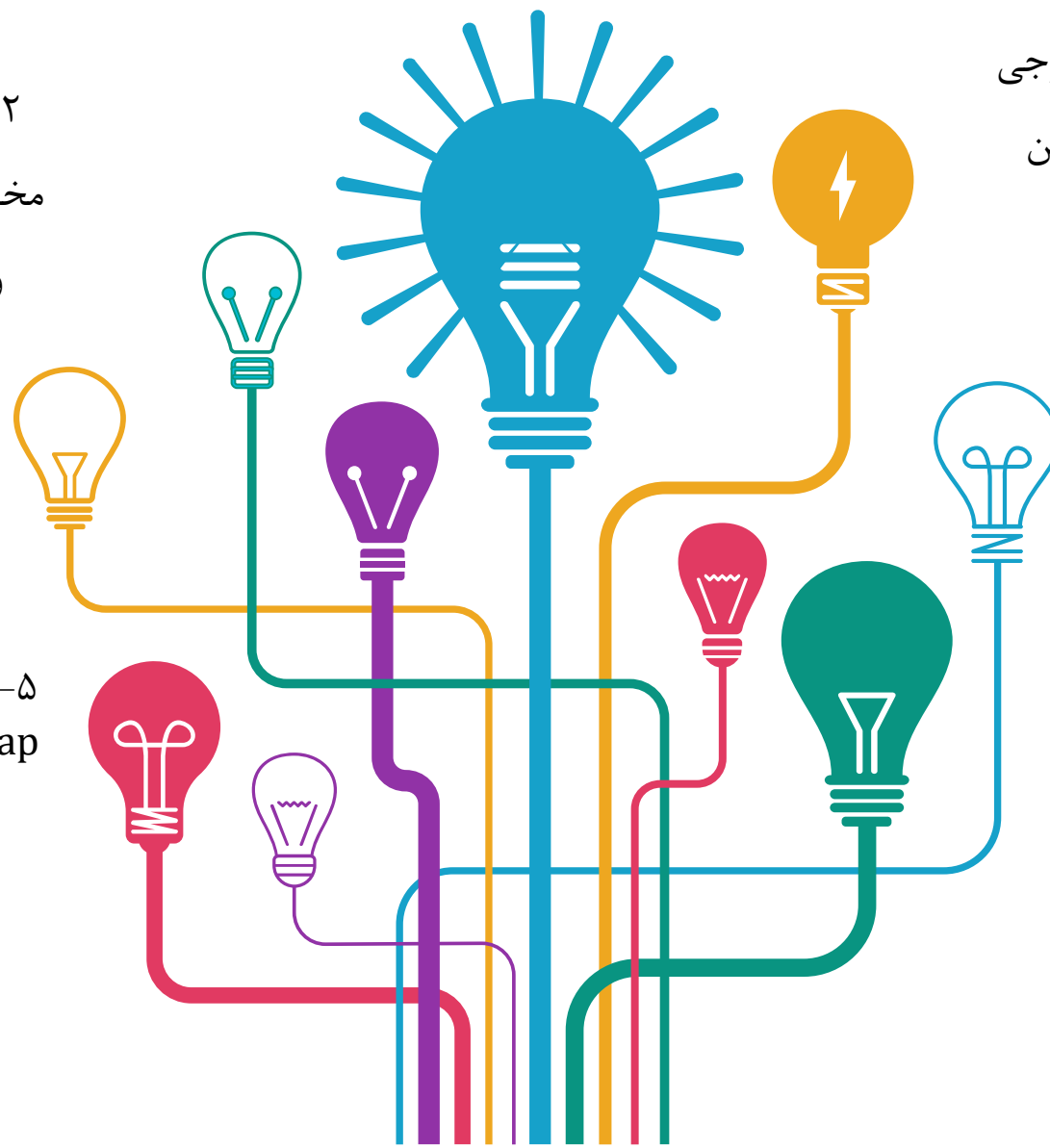
بدلیل انقباض و کاهش حجم به هنگام ساخت نمونه و اضافه نمودن و ترمیم ناهمگنی در ترکیب بدست آمد و منجر به لخته شدن موضعی گوگرد که پدیده شکست پیش از گسیختگی (مقاومت پائین) و یا مقاومت بالا مشاهده شد لذا کمترین و بالاترین ها در میانگین منظور نشدند

منبع	مقاومت کششی MPa	مقاومت خمشی MPa	مقاومت فشاری MPa	درصد وزنی	مواد
Bae, S.G., et al., Physical properties of sulfur concrete with modified sulfur binder. Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 2014. 34(3): p. 763-771	6	13	83	15 Wt. .% 13 Wt. .% 32 Wt. .% 40 Wt. .%	گوگرد اصلاح شده (modified sulfur) خاکستر سوخته (fly ash) شن (Sand) سنگدانه درشت (coarse aggregate)
Choura, M., et al., Study of the mechanical strength and leaching behavior of phosphogypsum in a sulfur concrete matrix. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 2015. 9(4): p. 8-13	8	5	41	50 Wt. .% 50 Wt. .%	گوگرد (Sulfur) هیدرات فسفات کلسیم (Phosphogypsum)
Anyszka, R., et al. Sulfur Concrete–Promising Material for Space-Structures Building. in Proceedings of the European Conference on Spacecraft Structures Materials and Environmental Testing, Toulouse, France. 2016	7	16	115	30 Wt. .% 70 Wt. .%	گوگرد اصلاح شده (modified sulfur) شن (Sand)
Dugarte, M., G. Martinez-Arguelles, and J. Torres, <i>Experimental Evaluation of Modified Sulfur Concrete for Achieving Sustainability in Industry Applications</i> . Sustainability, 2019. 11(1): p. 70.	2	5	43	30 Wt. .% 70 Wt. .%	گوگرد اصلاح شده (modified sulfur) گوگرد (Sulfur)
Gracia, V., E. Vázquez, and S. Carmona. Utilization of by-produced sulfur for the manufacture of unmodified sulfur concrete. in International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures. 2004. Citeseer.	3	8	52	25 Wt. .% 70 Wt. .% 5 Wt. .%	گوگرد (Sulfur) شن (Sand) لجن (slag)
پژوهش حاضر	-	4.3	21.3	42.5 Wt. .% 57.5 Wt. .%	گوگرد اصلاح شده (modified sulfur) لجن دفعی پالایشگاه کنگان (slag)

پیشنهاد برای پژوهش های آتی

۱- بررسی استحصال گوگرد از گازهای خروجی
دودکشهای زباله سوزها و جامدسازی لجن
شیرابه زباله با گوگرد حاصله

۳- بررسی بی خطر سازی پسماندها در
ترکیب با گوگرد و تولید قطعات بتنی



۲- بررسی دوام گولج پالایشگاههای
مختلف در محیطهای اسیدی و قلیائی
و دوام در برابر تشعشعات ماوراء
بنفش و...

۴- بررسی تولید مصالح از ترکیب
گوگرد و نخاله های ساختمانی

۵- بررسی تولید قطعات بتنی حجیم و یا مصالح
Rip Rap اسکله سازی از ترکیب گوگرد و لجن
لایروبی سواحل و جزایر جنوب

بسمه تعالی

شماره: ۲۴۰۳/۲۴/۲۴۴۲

تاریخ: ۱۳۹۹/۰۵/۱۹

پیوست: فایل

طبقه بندی: عمومی

ارجحیت: عمومی

سال جشن تولد



قرارگاه سازندگی خوارزمی

مدیر عامل محترم هلدینگ تخصصی راه و شهرسازی

موضوع: شرح ذیل

سلام علیکم

باصولوات بر حضرت محمد و آل محمد علیهم السلام و با احترام، در راستای حمایت از پروژه های دانشگاهی حسب تدابیر فرمانده محترم قرارگاه و با توجه به درخواست و پروپوزال ارائه شده توسط آقای شهرداد زمانی با موضوع کاهش لجن دفنی و غیر قابل استفاده پالایشگاه های نفتی و گازی با استفاده از سیمان گودریدی و تولید مصالح جهت بررسی، مساعدت و همکاری به حضورتان ارسال می گردد، لذا خواهشمند است دستور فرمائید در صورت کاربردی بودن موضوع برای قرارگاه همکاری لازم با نامبرده در موسسه شهید رجایی بعمل آید و گزارش از اقدامات صورت گرفته به پژوهشکده ارسال شود.

ابوالقاسم مغفوری

مسئول پژوهشکده سازندگی خوارزمی (حاکم الانشاء)



انہندل توجہ شماسا سکزارم