



## بررسی سنگدانه‌های استان خراسان شمالی برای کاربرد در پروژه‌های راه

سهراب ویسه\*

عضو هیأت‌علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

\* تهران، بزرگراه شیخ فضل‌الله... نوری، [veisheh@bhrc.ac.ir](mailto:veisheh@bhrc.ac.ir)

### چکیده

جنس و خصوصیات مختلف شن و ماسه در هر ناحیه متفاوت است. برای مملکت پهناوری مثل ایران جا دارد که شن و ماسه هر استان به‌طور جداگانه مورد مطالعه قرار گرفته و مشخصات فنی آن تهیه شود. در این پژوهش، ابتدا کلیه اطلاعات موجود در مورد مشخصات شن و ماسه (سنگدانه) استان خراسان شمالی جمع‌آوری، مطالعه و بررسی شد. سپس، از کارگاه‌های تولید این فراورده‌ها در استان بازدید و نمونه‌برداری به عمل آمد. در ادامه، بر روی نمونه‌های برداشت شده آزمایش‌های توزیع اندازه دانه‌ها و خواص فیزیکی انجام گرفت. آزمون‌های انجام شده عبارتند از: دانه‌بندی ذرات توسط الک و تهیه منحنی دانه‌بندی و تعیین مدول نرمی، تعیین مقدار ذرات ریزتر از الک شماره ۲۰۰، تعیین درصد ذرات پولکی (با صفحه‌ای)، تعیین کلوخه‌های رسی و ذرات سست، آزمون سلامت با محلول سولفات سدیم و مقاومت در برابر سایش و ضربه با دستگاه لس‌آنجلس. نتایج این آزمون‌ها تحلیل شد و امکان استفاده از سنگدانه‌های تولید شده در هر یک از کارگاه‌های استان خراسان شمالی در کاربردهای گوناگون برای پروژه‌های راه مورد بررسی قرار گرفت.

### واژه‌های کلیدی

سنگدانه، خراسان شمالی، مشخصات فنی، پروژه‌های راه

## An Investigation on Aggregates of North Khorasan Province for Road Construction Application

Sohrab Veisheh\*

Scientific Board Member, Road, Housing and Urban Development Research Center, P.O. Box: 13145-1696, Tehran, Iran

\* Tele Fax: +9821-88384185, Email: [veisheh@bhrc.ac.ir](mailto:veisheh@bhrc.ac.ir)

### Abstract

Nature and different characteristics of aggregates in each region are different. It is appropriate for a vast country like Iran to study the aggregate of each province separately and to provide its technical properties and applications. First, all information collected about aggregate of North Khorasan province is studied. Then, aggregates quarries and plants will be visited and the aggregate sampled. The tests on the particle size distribution and physical properties of samples are done. These kinds of tests are as follows: grading of particles by sieving and obtaining aggregate size distribution curve, the amount of particles finer than 200 mesh sieve, fineness modulus percentage of elongated particles and flaky particles, clay lumps, and friable particles and soundness of aggregates, resistance to impact and abrasion by Los Angeles machine. Finally, by interpretation of results, quality of aggregates of this province was investigated and possibility of different applications in the road construction was presented.

### Keywords

Aggregates, North Khorasan Province, Specification, Road Construction

۱- مقدمه

مطالعه قرارگیری و مشخصات فنی آن تهیه شود. شن و ماسه برای کارهای

راهسازی به دو گونه تهیه می‌شود:

۱. شن و ماسه طبیعی

۲. شن و ماسه شکسته یا مصنوعی [۱]

در چارچوب قرارداد بین اداره کل راه و شهرسازی استان خراسان شمالی و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، پروژه بررسی معادن مصالح سنگی موجود در استان خراسان شمالی و کاربرد آن در پروژه‌های راه انجام شد. هدف از انجام دادن این پروژه، بررسی کیفیت و مشخصات فنی و امکان استفاده از معادن سنگدانه‌های مورد بررسی در راهسازی در استان خراسان شمالی است. مراحل انجام دادن تحقیق به شرح زیر است:

شن و ماسه پر مصرف‌ترین مصالح ساختمانی هستند. حدود ۹۵٪ آسفالت را شن و ماسه تشکیل می‌دهد. نظر به اینکه شن و ماسه قسمت اصلی مصالح راهسازی را تشکیل می‌دهد و با توجه به اهمیت مقاومت آن در مقابل عوامل جوی و نیز امکان تولید سریع، ارزان و آسان این نوع مصالح، جا دارد بررسی و مطالعه گسترده‌تری در مورد شن و ماسه مورد استفاده در راهسازی صورت گیرد.

جنس و خصوصیات مختلف شن و ماسه در هر ناحیه متفاوت است. به همین دلیل، مطالعات انجام شده در سایر استان‌ها برای یک استان خاص برای مثال خراسان شمالی قابل استفاده نیست. بنابراین، برای مملکت پهناوری مثل ایران لازم است که شن و ماسه هر استان به‌طور جداگانه مورد

۱. جمع‌آوری، مطالعه و بررسی کلیه اطلاعات موجود در استان خراسان شمالی
  ۲. بازدید و نمونه‌برداری از معادن و ذخایر سنگدانه استان خراسان شمالی
  ۳. انجام دادن آزمایش‌های خواص فیزیکی، کانی‌شناسی و دوام بر روی نمونه‌های برداشت شده
  ۴. تحلیل نتایج آزمون‌ها و بررسی سنگدانه‌های استان خراسان شمالی و کاربرد آن در پروژه‌های راه
  ۵. ارائه رهنمودهای کاربردی
  ۶. جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و تهیه گزارش نهایی
- در این مقاله، بخشی از یافته‌های این پروژه ارائه می‌شود.

## ۲- مبانی نظری

بنابر آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴) مصالح سنگی یا شن و ماسه در موارد متعددی در راهسازی کاربرد دارد که در زیر به آن پرداخته می‌شود [۲].

**قشر زیراساس:** مصالح شن یا سنگی مطابق با مشخصات فنی مربوط تهیه و بر روی بستر روسازی راه منتقل می‌شود. سپس، مصالح مذکور با ضخامت مشخص شده در نقشه‌ها و در تمام عرض بستر روسازی، پخش و بعد طبق شرایط موردنظر آب‌پاشی و کوبیده می‌شود. با در نظر گرفتن شرایط جوی، نوع زمین طبیعی، مصالح موجود در محل، میزان ترافیک و وضع اقتصادی می‌توان یکی از انواع زیراساس زیر را انتخاب نمود:

- زیراساس شن و ماسه‌ای (زیراساس شنی)

- زیراساس سنگ کوهی شکسته یا قلوه سنگ شکسته (زیراساس سنگی)

- زیراساس تثبیت شده

**زیراساس شنی یا سنگی:** مصالح مصرفی برای زیراساس شنی از بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و برای زیراساس سنگی از سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ یا قلوه سنگ‌های طبیعی که در سنگ‌شکن شکسته شده و سپس سرند می‌شوند به دست می‌آید. شن و ماسه، قلوه سنگ یا سنگ کوهی معادن با ذکر مقدار تقریبی مصالحی که از آنها باید استفاده شود، روی نقشه‌ها و در دفترچه مشخصات فنی خصوصی به عنوان راهنما نشان داده می‌شود. در مواردی که حجم مصالح معادن به هنگام اجرای عملیات، به میزان پیش‌بینی شده نباشد یا مصالح به دست آمده با مشخصات داده شده تطبیق ننماید، باید از معدن یا معادن جدید که مصالح آن منطبق با مشخصات فنی باشد، استفاده نمود. در صورتی که مصالح موجود در معدن، دانه‌های بزرگتر از اندازه موردنظر داشته باشد، باید آنها را از سنگ‌شکن و یا سرند رد نموده تا مصالح به دست آمده با مشخصات تطبیق نماید.

**اساس:** مصالح شن یا سنگی شکسته با مشخصات معین که به ابعاد هندسی موردنظر و به شرح نقشه‌های اجرایی بر روی قشر زیراساس یا بستر روسازی راه و در تمام عرض آن پخش شده و طبق مشخصات فنی با رطوبت مناسب کوبیده شود، قشر اساس نامیده می‌شود. با توجه به نوع زمین، شرایط جوی، مصالح موجود در محل، میزان بار وارده، تعداد آموشد و همچنین وضع اقتصادی از انواع اساس به شرح زیر می‌توان استفاده نمود:

- اساس شن و ماسه‌ای شکسته (اساس شنی)

- اساس سنگ کوهی شکسته یا قلوه سنگ شکسته (اساس سنگی)

- اساس ماکادامی

- اساس قیری

**اساس شنی یا سنگی:** مصالح مصرفی برای اساس شنی از شکستن شن و ماسه بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا سایر معادن و برای اساس سنگی از شکستن سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ یا قلوه‌سنگ‌های درشت رودخانه‌ای در سنگ‌شکن‌ها و سپس سرند و تأمین دانه‌بندی و سایر مشخصات لازم، به دست می‌آید.

**مصالح سنگی مصرفی در آسفالت حفاظتی:** مصالح سنگی مصرفی در عملیات آسفالت حفاظتی شامل آسفالت سطحی، اندود آب‌بندی، اسلاری سیل و میکروسرفیسینگ که از سنگ‌شکن حاصل می‌شود. سنگدانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای از شن شکسته یا سنگ کوهی شکسته و یا روباره کوره‌های آهن‌گدازی تهیه می‌شود. مصالح باید مقاوم، سخت و مکعبی بوده و فاقد دانه‌های سست، شکننده و کلوخه‌های گل، پوشش و اندودهای لای، رس و گردسنگ باشد.

**اندود آب‌بند اسلاری سیل یا دوغاب قیرآبه‌ای:** مخلوط آسفالتی اسلاری سیل یا دوغاب قیرآبه‌ای از مصالح ریزدانه خوب دانه‌بندی شده، قیرآبه (با مواد افزودنی یا بدون آن) و آب تهیه و به عنوان یک قشر حفاظتی روی سطح راه‌های آسفالتی موجود پخش می‌شوند. ضخامت آن وقتی که در یک لایه اجرا می‌شود حدود ۳ تا ۱۰ میلی‌متر است. استفاده از این مخلوط‌ها برای راه‌هایی توصیه می‌شود که زیرسازی و روسازی آنها سالم و خرابی‌ها محدود به خرابی‌های سطحی باشد.

## ۳- الزامات دانه‌بندی

یکی از سه دانه‌بندی مندرج در آیین‌نامه می‌تواند بر حسب ضخامت مورد نیاز برای هر لایه اختیار گردد. موارد کاربرد هر دانه‌بندی به شرح زیر است:

### دانه‌بندی نوع ۱

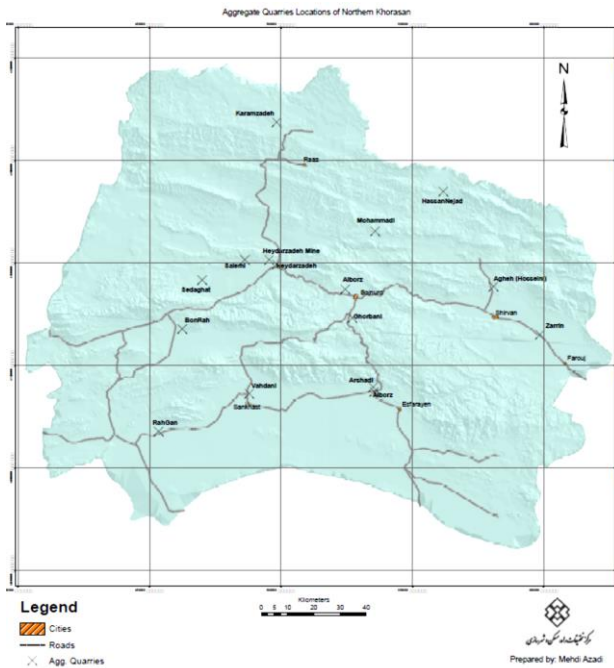
این دانه‌بندی برای درزبندی و پوشش سطوح فرسوده‌ای که دارای ترک‌های کم‌عرض و چاله‌های کم‌عمق باشند، مناسب است. مقدار قیر خالص باقی‌مانده در آزمون تقطیر قیرآبه با این دانه‌بندی بین ۱۰ تا ۱۶ درصد وزنی مصالح سنگی خشک و مقدار پخش آسفالت بین ۲/۵ تا ۵/۵ کیلوگرم بر مترمربع است.

### دانه‌بندی نوع ۲

این دانه‌بندی که از دانه‌بندی نوع ۱ درشت‌تر است برای رویه‌هایی که ترک‌ها و چاله‌های بزرگتری دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دانه‌بندی هم خرابی‌های با عمق محدود (ترک‌های با عرض ۵ میلی‌متر) را ترمیم می‌کند و هم می‌تواند به عنوان یک رویه قابل قبول کارایی داشته باشد. مقدار قیر خالص باقی‌مانده در آزمون تقطیر قیرآبه با این دانه‌بندی بین ۷/۵ تا ۱۳/۵ درصد وزن مصالح سنگی خشک و مقدار پخش بین ۵/۵ تا ۹ کیلوگرم بر مترمربع است.

### دانه‌بندی نوع ۳

این دانه‌بندی که از دیگر دانه‌بندی‌ها درشت‌تر است برای راه‌های با شدت خرابی زیادتر (جاده‌های با زیرسازی سالم ولی با ترک‌ها و چاله‌های بزرگتر) مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند به عنوان یک رویه با تاب لغزشی زیاد (ضریب اصطکاک بالا) نیز عمل کند. اسلاری سیل با این دانه‌بندی می‌تواند به عنوان قشر اول یا دوم در یک سیستم روسازی چندلایه‌ای نیز مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱ نقشه پراکندگی کارگاه‌های شن و ماسه خراسان شمالی

نمونه‌ها مطابق با روش نمونه‌برداری استاندارد ASTM از کارگاه‌های استان برداشته شد [3]. برطبق روش استاندارد ASTM، مقدار نمونه‌ها به اندازه مورد آزمون کاهش داده شد [4]. آزمون‌ها مطابق با روش‌های استاندارد ASTM ارایه شده در منابع از شماره [5] تا [9] انجام گردید. نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌های سنگدانه نمونه‌برداری شده از استان خراسان شمالی و نتایج آزمون‌های فیزیکی انجام شده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بر روی نمونه‌های سنگدانه منطقه خراسان شمالی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از منابع شماره [5] تا [9] برای ارزیابی‌ها استفاده شد.

#### ۴-۱- آزمون دانه‌بندی

جمعا سنگدانه‌های ۱۲ واحد شن و ماسه موجود در منطقه خراسان شمالی مورد آزمون قرار گرفت و از نظر استفاده در کاربردهای گوناگون مانند: اساس، زیراساس، اسلاری سیل، ماسه برای آندود، مخلوط اساس، مخلوط زیراساس، مخلوط سطحی یک اندازه و مخلوط سطحی با دانه‌بندی باز مورد بررسی قرار گرفت که به ترتیب در زیر آورده می‌شود:

#### ۴-۱-۱- سنگدانه مورد استفاده در زیراساس

برای نمونه نتایج آزمون مخلوط شسته یکی از کارگاه‌های استان در شکل ۲ ارایه شده است. نتایج آزمون دانه‌بندی این کارگاه نشان می‌دهد که مخلوط شن و ماسه این واحد تقریباً با چهار نوع دانه‌بندی زیراساس مطابقت دارد. به‌طور کلی، نتایج آزمون دانه‌بندی کلیه سنگدانه‌ها نشان می‌دهد که یک مورد از سنگدانه‌های شکسته و شسته این واحدها با دانه‌بندی زیراساس نوع I، پنج مورد با دانه‌بندی زیراساس نوع I و II، سه مورد با دانه‌بندی نوع II و III، دو مورد با دانه‌بندی نوع I و II و III و یک مورد با چهار نوع دانه‌بندی زیراساس مطابقت دارند. تنها محصولات تولید شده در یکی از کارگاه‌های منطقه با هیچ نوع دانه‌بندی زیراساس مطابقت ندارد. نتایج آزمون‌های فیزیکی نشان‌دهنده

**ماسه آسفالت گرم:** ماسه آسفالت از اختلاط ماسه طبیعی شسته یا ماسه شکسته یا مخلوطی از این دو با قیر خالص تهیه می‌شود. این مخلوط آسفالتی را می‌توان در قشرهای به ضخامت حداقل ۱۵ میلی‌متر پخش و اجرا کرد یا از آن به عنوان قشر تسطیح در رویه‌های قدیمی و قبل از روکش استفاده نمود.

**انواع آسفالت گرم:** سنگدانه‌ها از معادن سنگ کوهی یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای تهیه و طی دو مرحله جداگانه در سنگ‌شکن‌های فکی و دوار (کوبیت) شکسته می‌شود. مصالح بلافاصله پس از شکسته شدن، دانه‌بندی شده (با سرنده کردن) و در قسمت‌های مجزا به صورت مصالح درشت‌دانه، میان‌دانه و ریزدانه (شامل فیلر) انبار می‌شود. بدیهی است که مصالح سنگ کوهی نسبت به شن و ماسه و قلوه سنگ رودخانه‌ای، ارجحیت دارد. مصالح سنگی انواع آسفالت گرم باید سخت، محکم، بادوام، تمیز، مکعبی شکل و عاری از هرگونه مواد آلی، رسی، شیبستی، پوشش خاکی و دانه‌های سست باشد. مصالح درشت، متوسط و ریز در صورت لزوم باید قبل از مصرف شسته شوند.

**آسفالت آستر (ببندر):** این قشر بتن آسفالتی، بین قشر رویه و قشر اساس قیری و در صورت عدم وجود قشر اساس قیری، بین قشر رویه و قشر اساس سنگ شکسته قرار می‌گیرد. دانه‌بندی آن درشت‌تر از آسفالت رویه و مقدار قیر آن کمتر است. حداکثر اندازه سنگدانه‌های آن از ۱۹ تا ۳۷/۵ میلی‌متر است.

**آسفالت رویه (توپکا):** آسفالت رویه آخرین قشر بتن آسفالتی است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترافیک و عوامل جوی محیط قرار می‌گیرد. آسفالت رویه طوری طراحی و اجرا می‌گردد که تحمل بارهای وارده را داشته و در مقابل اثرهای سوء آب، یخبندان و تغییرات دما، مقاومت کرده و دوام آورد. قشر رویه نسبت به قشر آستر و اساس قیری، دارای دانه‌بندی ریزتر، فضای خالی سنگدانه‌های آن زیادت و در نتیجه قیر بیشتر است. حداکثر اندازه سنگدانه‌ها در این قشر بین ۹/۵ تا ۱۹ میلی‌متر است که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز و نوع ترافیک و شرایط آب و هوایی، انتخاب می‌شود.

**مصالح سنگی مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی:** مخلوط مصالح سنگی و هر یک از اجزای درشت و ریز آن که در مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی مصرف می‌شود باید با رعایت دقیق موارد زیر تهیه و انبار شده و سپس مصرف شوند. سنگدانه‌ها پس از شکسته شدن، سرنده شده و به شرح زیر تفکیک می‌شود:

مصالح دانه درشت و متوسط، شامل مصالح باقی‌مانده روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) و مصالح ریزدانه، مصالح رد شده از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) است که برای رویه از ماسه شکسته، برای آستر و اساس قیری، مخلوطی از ماسه شکسته و ماسه طبیعی می‌باشد.

#### ۴- نتایج و بحث

از واحدهای تولید شن و ماسه موجود در منطقه خراسان شمالی بازدید و نمونه‌برداری به عمل آمد. جمعاً از ۱۴ کارگاه تولید شن و ماسه بازدید شد. دو کارگاه تولید نداشتند لذا از ۱۲ کارگاه نمونه‌برداری به عمل آمد. در شکل ۱ نقشه پراکندگی کارگاه‌های شن و ماسه خراسان شمالی که نمونه‌برداری شد، ارایه می‌شود.

آن است که مشخصات فیزیکی کلیه محصولات یاد شده با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مطابقت دارند.

#### ۴-۱-۲- سنگدانه مورد استفاده در اساس

نتایج آزمون دانه‌بندی کارگاه‌های تولید شن و ماسه منطقه از نظر استفاده در اساس در برخی موارد با دانه‌بندی اساس نوع II و III و در بعضی موارد با دانه‌بندی اساس نوع V و IV مطابقت دارند. نتایج آزمون دانه‌بندی یک کارگاه تقریباً با دانه‌بندی اساس نوع IV مطابقت دارد. نتایج آزمون دانه‌بندی مخلوط شکسته تنها یک واحد با هیچ یک از انواع دانه‌بندی‌های اساس مطابقت ندارد. نتایج آزمون‌های فیزیکی کلیه نمونه‌ها نشان‌دهنده آن است که مشخصات فیزیکی محصولات یاد شده با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مطابقت دارد.

#### ۴-۱-۳- دانه‌بندی‌های یک اندازه و باز مصالح آسفالت سطحی

نتایج آزمون دانه‌بندی کارگاه‌های تولید شن و ماسه منطقه نشان می‌دهد که شن نخودی اغلب این واحدها با دانه‌بندی ج یک اندازه برای آسفالت سطحی مطابقت دارد. از سویی دیگر شن بادامی و نخودی این واحدها به ترتیب با دانه‌بندی‌های باز نوع ۲ و ۳ و برخی با نوع ۴ مطابقت دارد. نتایج آزمون‌های فیزیکی نشان‌دهنده آن است که مشخصات فیزیکی محصولات یاد شده با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مطابقت دارد. غیر از ضریب تورق سنگدانه نخودی یک کارگاه که با استاندارد مطابقت ندارد. بنابراین، استفاده از این سنگدانه نخودی برای استفاده در آسفالت سطحی مناسب نیست.

#### ۴-۱-۴- ماسه برای اندود ماسه‌ای

نتایج آزمون‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که ماسه شسته سه کارگاه در محدوده دانه‌بندی استاندارد قرار دارد. ماسه شسته و ماسه شکسته ۹ کارگاه در محدوده استاندارد قرار ندارد. با این حال ارزش ماسه‌ای سنگدانه‌های ریز شکسته این کارگاه‌ها در محدوده ۸۸ تا ۹۷ درصد است که در مقایسه با حد مجاز نشریه ۲۳۴ (۷۵ درصد) از این نظر از کیفیت مناسبی برخوردار است.

#### ۴-۱-۵- ماسه برای اندود آب‌بند اسلاری سیل یا دوغاب قیرآبه‌ای

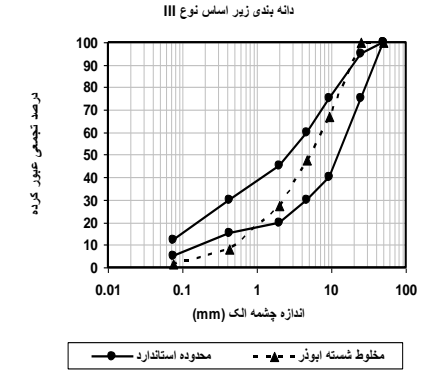
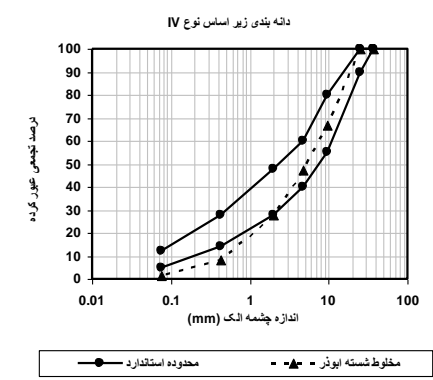
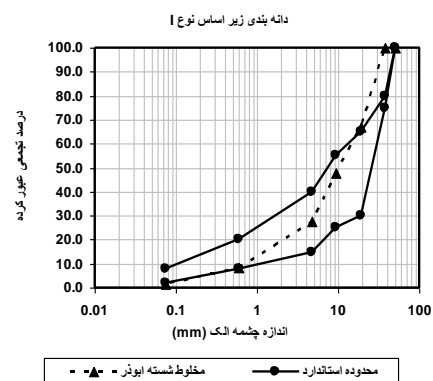
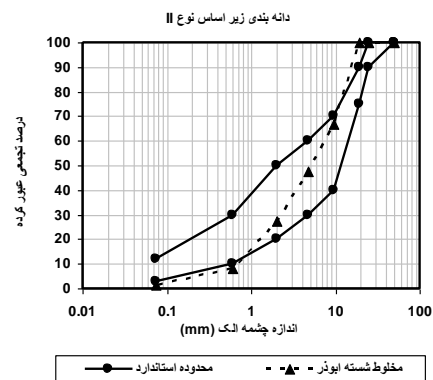
نتایج آزمون دانه‌بندی کارگاه‌های تولید شن و ماسه نشان می‌دهد که ماسه شکسته و شسته این واحدها با دانه‌بندی نوع III و در بعضی موارد با دانه‌بندی نوع II برای اندود آب‌بند اسلاری سیل مطابقت دارند. نتایج آزمون دانه‌بندی پنج کارگاه نشان می‌دهد که ماسه شسته یا شکسته آنها با هیچ نوعی از دانه‌بندی‌ها برای اندود آب‌بند اسلاری سیل مطابقت ندارند. بنابراین، با اصلاح خط تولید می‌توان محصولی با کیفیت مناسب تولید کرد. نتایج آزمون‌های فیزیکی کلیه کارگاه‌ها نشان‌دهنده آن است که مشخصات فیزیکی محصولات یاد شده با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مطابقت دارد.

#### ۴-۱-۶- سنگدانه برای دانه‌بندی پیوسته مخلوط‌های آسفالتی

نتایج آزمون دانه‌بندی کارگاه‌های تولید شن و ماسه در منطقه نشان می‌دهد که مخلوط‌های شکسته و شسته این واحدها با دانه‌بندی اساس قیری ۱، اساس قیری و آستر ۲ و ۳ و ۴ و با دانه‌بندی رویه ۵ برای دانه‌بندی پیوسته مخلوط‌های آسفالتی مطابقت دارند. ماسه شکسته اغلب این واحدها با هیچ‌یک از دانه‌بندی‌های پیوسته مخلوط‌های آسفالتی مطابقت ندارد.

#### ۴-۱-۷- سنگدانه مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالتی (دانه‌بندی باز)

نتایج آزمون دانه‌بندی محصولات کارگاه‌های منطقه نشان می‌دهد که کلیه ماسه‌های شسته و شکسته آنها با هیچ یک از دانه‌بندی‌های باز مخلوط‌های



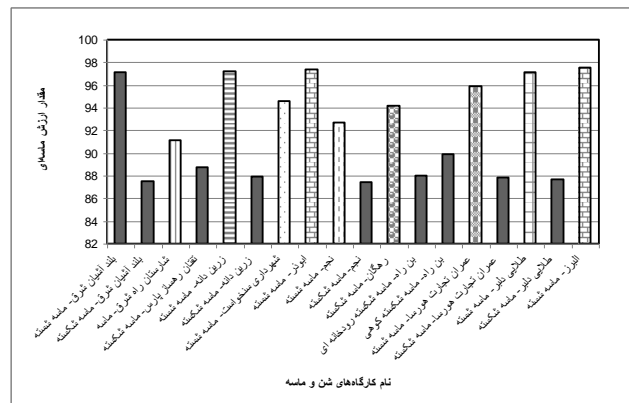
شکل ۲ نتایج آزمون مخلوط شسته یکی از کارگاه‌های استان خراسان شمالی

آسفالتی مطابقت ندارند. علت درشتی دانه‌ها در برخی موارد است که منحنی دانه‌بندی از سمت راست محدوده استاندارد خارج است و در برخی موارد به علت ریزی بیش از حد دانه‌ها (منحنی دانه‌بندی از سمت چپ محدوده استاندارد خارج است). مخلوط شکسته و شسته این واحدها با دانه‌بندی اساس قیری و آستر ۲ و ۳ مطابقت دارند و تولیدات برخی از واحدها با آستر و رویه ۴ برای دانه‌بندی باز مخلوط‌های آسفالتی مطابقت دارند.

۴-۱-۸- سنگدانه مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی نتایج آزمون دانه‌بندی ماسه‌های تولید شده در کارگاه‌های منطقه نشان می‌دهد که اغلب آنها با هیچ یک از انواع دانه‌بندی‌های مصالح ریزدانه مخلوط‌های بتن آسفالتی مطابقت ندارند. علت درشتی بیش از حد دانه‌های ماسه است. نتایج آزمون دانه‌بندی برخی از ماسه‌های شکسته رودخانه‌ای نشان می‌دهد که محصول این کارگاه‌ها با دانه‌بندی نوع ۱، ۴ و ۵ مصالح سنگی ریزدانه مخلوط‌های آسفالتی مطابقت دارند. اغلب سنگدانه‌های درشت بادامی ۱۹ تا ۲۵ میلی‌متر و ۱۲/۵ تا ۱۹ میلی‌متر و نخودی ۴/۷۵ تا ۱۲/۵ میلی‌متر کارگاه‌های منطقه با انواع دانه‌بندی ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ مخلوط‌های آسفالت گرم مطابقت دارند.

۴-۲- ارزش ماسه‌ای سنگدانه ریز

نتایج آزمون ارزش ماسه‌ای سنگدانه‌های ریز کارگاه‌های استان خراسان شمالی در شکل ۳ ارایه شده است.

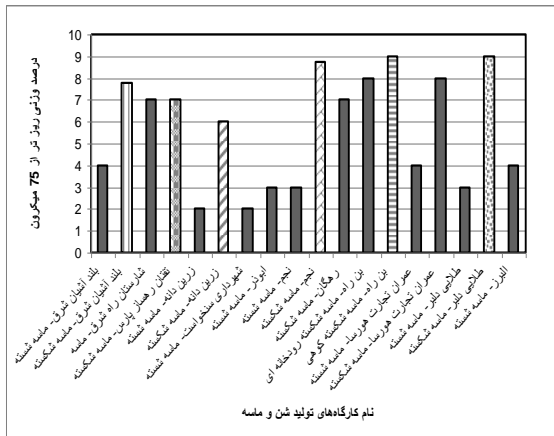


شکل ۳ نمودار ستونی ارزش ماسه‌ای سنگدانه‌های ریز کارگاه‌های استان خراسان شمالی

ارزش ماسه‌ای سنگدانه ریز مطابق با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ باید حداقل ۲۵ درصد باشد. نتایج آزمون‌های شکل ۳ نشان می‌دهد که کلیه نمونه‌ها از نظر ارزش ماسه‌ای از کیفیت خوبی برخوردارند. میزان ارزش ماسه‌ای این نمونه‌ها از حدود ۸۷ درصد تا ۹۷ درصد به دست آمده است.

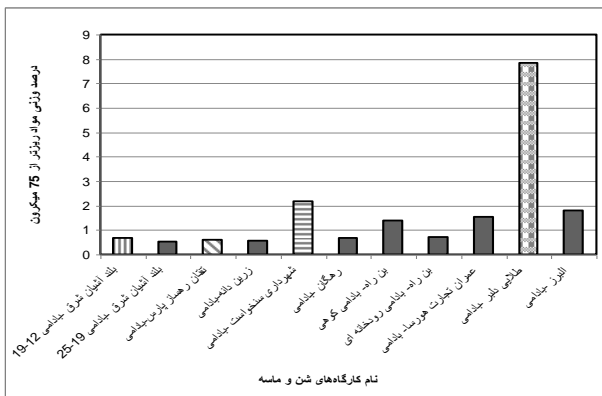
۴-۳- مواد ریزتر از ۷۵ میکرون

نتایج آزمون مواد ریزتر از ۷۵ میکرون سنگدانه‌های ریز در شکل ۴ ارایه شده است.



شکل ۴ نمودار ستونی مواد ریزتر از ۷۵ میکرون در سنگدانه‌های ریز کارگاه‌های استان خراسان شمالی

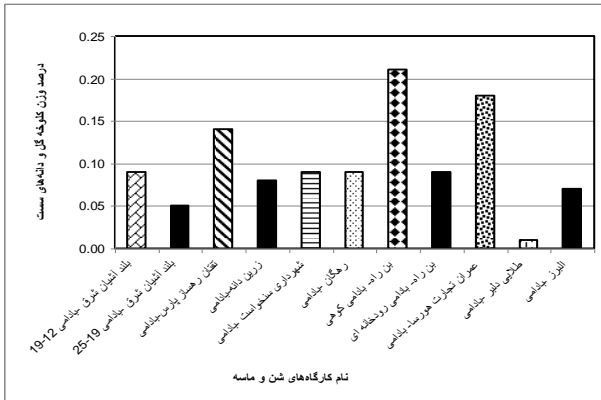
در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ برای مواد ریزتر از ۷۵ میکرون برای سنگدانه مورد مصرف در راهسازی حدی تعیین نشده است. این سنگدانه‌ها دارای مواد ریزتر از ۷۵ میکرون از ۲ تا ۹ درصد هستند. میزان مواد ریزتر از ۷۵ میکرون نمونه‌های شن نخودی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از ۰/۵ تا ۵/۵ درصد است. نتایج آزمون مواد ریزتر از ۷۵ میکرون شن بادامی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۵ ارایه شده است.



شکل ۵ نمودار ستونی مواد ریزتر از ۷۵ میکرون در شن بادامی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

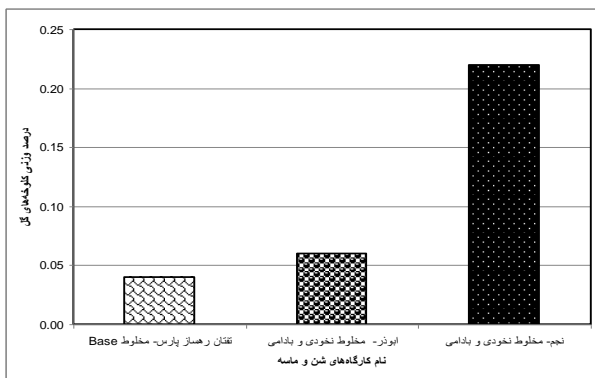
با توجه به نتایج این آزمون، میزان مواد ریزتر از ۷۵ میکرون نمونه‌های شن بادامی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از ۰/۵ تا ۸ درصد است. نتایج آزمون مواد ریزتر از ۷۵ میکرون مخلوط سنگدانه کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۶ ارایه شده است.

در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مقدار کلوخه گل و دانه‌های سست حداکثر ۳ درصد تعیین شده است. با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های شن نخودی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون کلوخه گل و دانه‌های سست شن بادامی در شکل ۹ ارایه شده است.



شکل ۹ نمودار ستونی میزان کلوخه گل و دانه‌های سست در شن بادامی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های شن بادامی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون کلوخه گل و دانه‌های سست سنگدانه کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۰ ارایه شده است.



شکل ۱۰ نمودار ستونی میزان کلوخه گل و دانه‌های سست در شن بادامی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های مخلوط کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از کیفیت مناسبی برخوردارند.

#### ۴-۵- سلامت

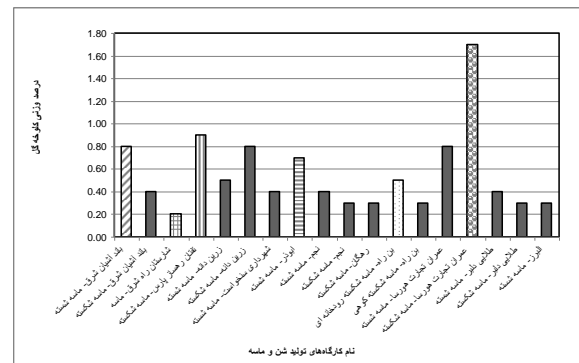
نتایج آزمون سلامت سنگدانه ریز کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۱ ارایه شده است.



شکل ۶ نمودار ستونی درصد وزنی مواد ریزتر از ۷۵ میکرون در مخلوط سنگدانه کارگاه‌های خراسان شمالی

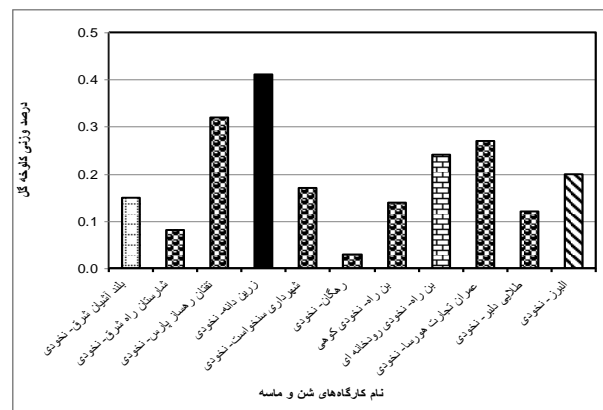
#### ۴-۴- کلوخه گل و دانه‌های سست

نتایج آزمون کلوخه گل و دانه‌های سست سنگدانه ریز کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۷ ارایه شده است.

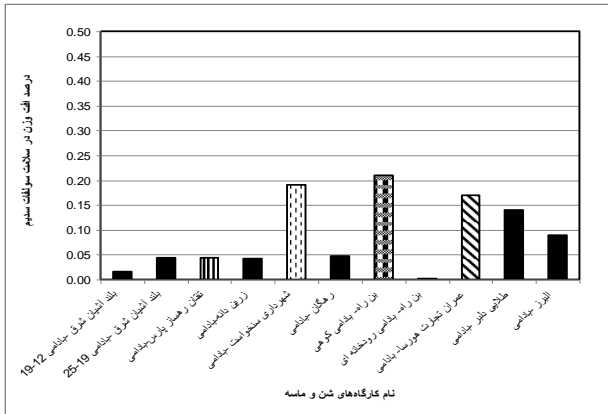


شکل ۷ نمودار ستونی کلوخه گل و دانه‌های سست در سنگدانه‌های ریز کارگاه‌های استان خراسان شمالی

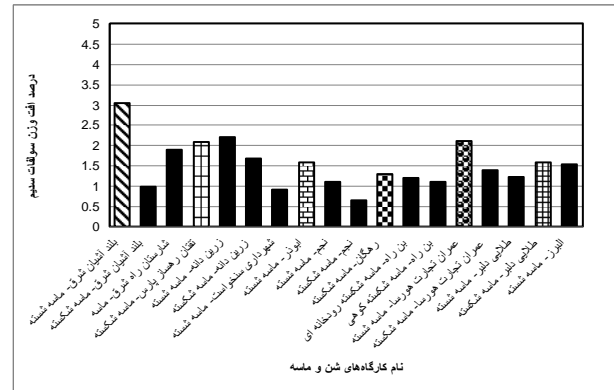
در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مقدار کلوخه گل و دانه‌های سست حداکثر ۳ درصد تعیین شده است. با توجه به نتایج این آزمون، کلیه سنگدانه‌های ریز از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون کلوخه گل و دانه‌های سست شن نخودی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۸ ارایه شده است.



شکل ۸ نمودار ستونی کلوخه گل و دانه‌های سست در شن نخودی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

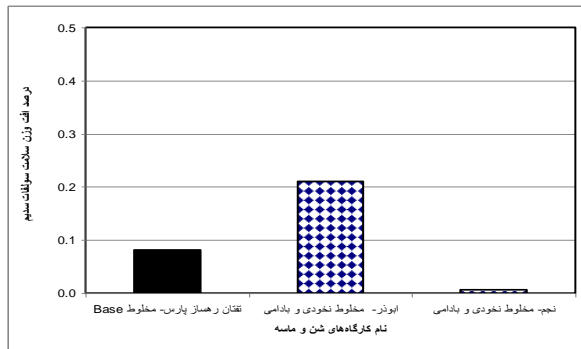


شکل ۱۳ نمودار ستونی افت وزن در سلامت سولفات سدیم در شن بادی کارگاه‌های استان خراسان شمالی



شکل ۱۱ نمودار ستونی سلامت سولفات سدیم در سنگدانه‌های ریز کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، حداکثر افت وزن شن بادی این منطقه ۰/۲ درصد بوده و از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون مخلوط سنگدانه کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۴ ارائه شده است.

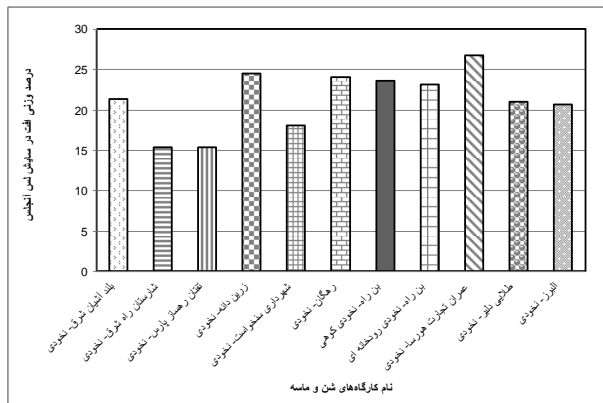


شکل ۱۴ نمودار ستونی افت وزن سلامت سولفات سدیم در مخلوط سنگدانه کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، حداکثر افت وزن شن نخودی و مخلوط سنگدانه این منطقه از کیفیت مناسبی برخوردارند.

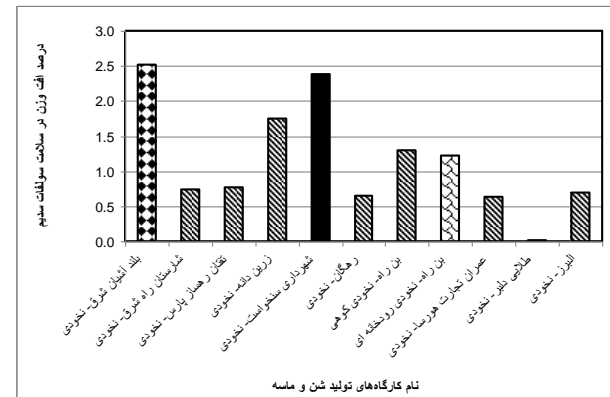
#### ۴-۶- سایش

نتایج آزمون سایش لس‌انجلس شن نخودی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۵ ارائه شده است.



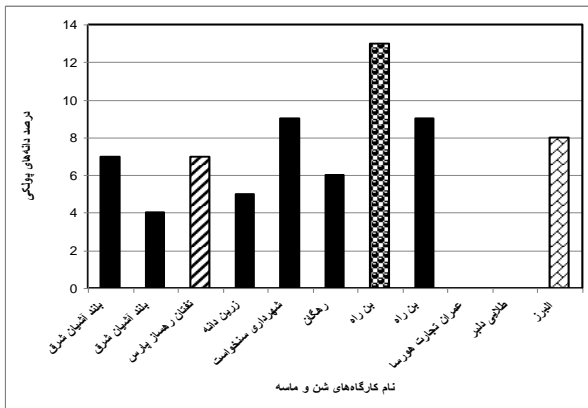
شکل ۱۵ نمودار ستونی افت وزن بر اثر سایش لس‌انجلس در شن نخودی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مقدار افت وزن در سلامت سولفات سدیم در سنگدانه ریز حداکثر ۱۲ درصد تعیین شده است. با توجه به نتایج این آزمون، حداکثر افت وزن سنگدانه‌های ریز این منطقه حدود ۳ درصد بوده و از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون سلامت شن نخودی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۲ ارائه شده است.



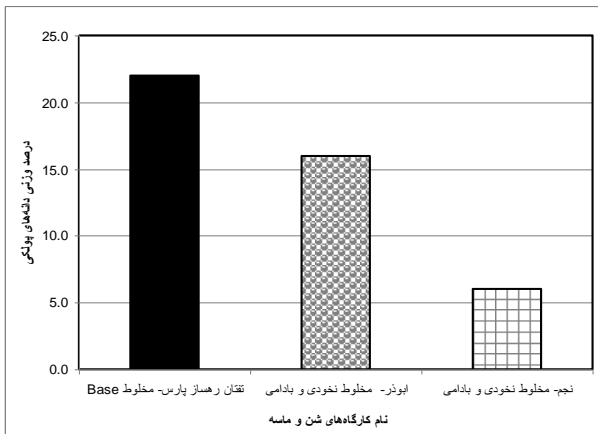
شکل ۱۲ نمودار ستونی سلامت سولفات سدیم در شن نخودی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، حداکثر افت وزن شن نخودی این منطقه حدود ۲/۵ درصد (بسیار کمتر از حداکثر مجاز ۱۲ درصد) بوده و از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون سلامت سولفات سدیم شن بادی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۳ ارائه شده است.



شکل ۱۸ نمودار ستونی درصد دانه‌های پولکی در شن بادامی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مقدار دانه‌های پولکی برای مصالح اساس حداکثر ۳۵ درصد و برای سنگدانه‌های آسفالت سطحی حداکثر ۲۵ درصد تعیین شده است. با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های شن بادامی دارای دانه‌های پولکی از ۴ تا ۱۳ درصد است و از این نظر برای کاربرد به عنوان مصالح اساس و آسفالت سطحی از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون دانه‌های پولکی مخلوط سنگدانه کارگاه‌های استان در شکل ۱۹ ارایه شده است. با توجه به این نتایج، میزان دانه‌های پولکی در کلیه نمونه‌های مخلوط سنگدانه ۵ تا ۲۲ درصد است و از این نظر دارای کیفیت مناسبی است.

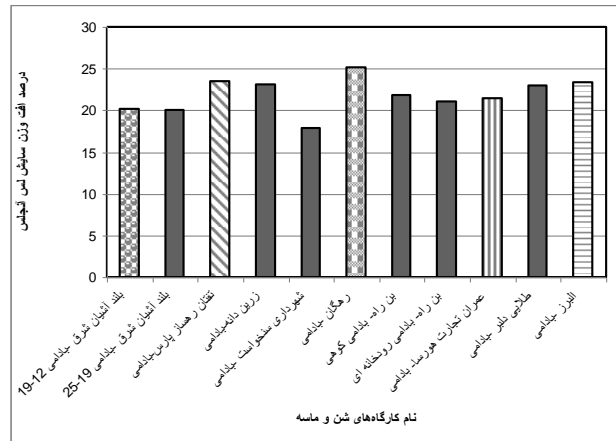


شکل ۱۹ نمودار ستونی درصد دانه‌های پولکی در مخلوط سنگدانه کارگاه‌های استان خراسان شمالی

### ۵- نتیجه‌گیری

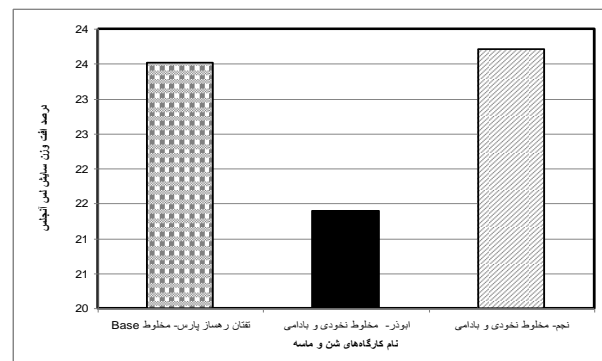
برای تعیین کیفیت سنگدانه واحدهای تولیدی از کارگاه‌های شن و ماسه، نمونه‌ها مطابق استاندارد، آماده‌سازی و آزمون‌های فیزیکی، شامل: دانه‌بندی، ارزش ماسه‌ای، تطویل و تورق، کلوخه گل و دانه‌های سست، مواد ریزتر از الک ۷۵ میکرون، سلامت سولفات سدیم و مقاومت در برابر سایش و ضربه (با دستگاه لس‌آنجلس) بر روی آنها انجام شد. نتایج آزمون دانه‌بندی کلیه سنگدانه‌ها از نظر استفاده در کاربردهای گوناگون، مانند: اساس، زیراساس، اسلاری سیل، ماسه برای آندود، مخلوط اساس، مخلوط زیراساس، مخلوط

در مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مقدار افت وزن بر اثر سایش لس‌آنجلس برای زیراساس حداکثر ۵۰ درصد، برای اساس حداکثر ۴۵ درصد، برای سنگدانه‌های آسفالت سطحی حداکثر ۳۰ درصد و برای اسلاری سیل حداکثر ۳۰ درصد تعیین شده است. با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های شن نخودی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی برای همه کاربردهای یاد شده از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون سایش لس‌آنجلس شن بادامی کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۶ ارایه شده است.



شکل ۱۶ نمودار ستونی افت وزن بر اثر سایش لس‌آنجلس در شن بادامی کارگاه‌های استان خراسان شمالی

با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های شن بادامی تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی از کیفیت مناسبی برخوردارند. نتایج آزمون سایش لس‌آنجلس مخلوط سنگدانه کارگاه‌های تولید شن و ماسه استان خراسان شمالی در شکل ۱۷ ارایه شده است. با توجه به نتایج این آزمون، کلیه نمونه‌های مخلوط سنگدانه تولید کارگاه‌های شن و ماسه استان خراسان شمالی کیفیت مناسبی دارند.



شکل ۱۷ نمودار ستونی افت وزن بر اثر سایش لس‌آنجلس در مخلوط سنگدانه کارگاه‌های خراسان شمالی

### ۷-۴- دانه‌های پولکی

در شکل ۱۸ نتایج آزمون دانه‌های پولکی شن بادامی کارگاه‌های استان ارایه شده است.



سطحی یک اندازه و مخلوط سطحی با دانه‌بندی باز مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمون‌های فیزیکی سنگدانه‌ها برای استفاده در اساس و زیراساس نشان داد که ارزش ماسه‌ای، تطویل و تورق، کلوخه گل و دانه‌های سست، مواد ریزتر از الک ۷۵ میکرون، سلامت سولفات سدیم و مقاومت در برابر سایش نمونه‌ها با مشخصات فنی نشریه ۲۳۴ مطابقت دارند.

#### ۶- منابع

- [۱] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران- نشریه شماره ۲۳۴، تجدید نظر اول، ۱۳۹۰.
- [۲] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه، نشریه شماره ۱۰۱، تجدید نظر دوم، ۱۳۹۲.
- [3] ASTM D75 / D75M – 14, Standard Practice for Sampling Aggregates, American Society for Testing and Materials, 2014.
- [4] ASTM C702 / C702M – 18, Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size, American Society for Testing and Materials, 2018.
- [5] ASTM C136 / C136M – 14, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, American Society for Testing and Materials, 2014.
- [6] ASTM C117 – 17, Standard Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing, American Society for Testing and Materials, 2017.
- [7] ASTM C142 / C142M – 17, Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates, American Society for Testing and Materials, 2017.
- [8] ASTM C88 / C88M – 18, Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate, American Society for Testing and Materials, 2018.
- [9] ASTM C131 / C131M – 14, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine American Society for Testing and Materials, 2014.
- [10] ASTM D448 - 12 (2017), Standard Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction, American Society for Testing and Materials, 2017.
- [11] ASTM D692 / D692M – 15, Standard Specification for Coarse Aggregate for Bituminous Paving Mixtures, American Society for Testing and Materials, 2015.
- [12] ASTM D2940 – 03, Standard Specification for Graded Aggregate Material for Bases or Sub-bases for Highways or Airports, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [13] ASTM D1073 – 16, Standard Specification for Fine Aggregate for Asphalt Paving Mixtures, American Society for Testing and Materials, 2016.